BAZALT ANYAGÚ CSISZOLT KŐESZKÖZÖK KŐZETTANI ÉS GEOKÉMIAI VIZSGÁLATA (BALATONÖSZÖD - TEMETŐI DŰLŐ LELŐHELY)

PETROGRAPHICAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATION OF POLISHED STONE TOOLS MADE OF BASALT FROM THE SITE BALATONÖSZÖD - TEMETŐI DŰLŐ (HUNGARY)

PÉTERDI, BÁLINT¹; SZAKMÁNY, GYÖRGY²; JUDIK, KATALIN³; DOBOSI, GÁBOR³; KOVÁCS, JÓZSEF⁴; KASZTOVSZKY, ZSOLT⁵; SZILÁGYI, VERONIKA⁵

¹Magyar Állami Földtani Intézet, Országos Földtani Múzeum;

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kőzettan-Geokémiai Tanszék

³MTA Geokémiai Kutató Intézet

⁴Eötvös Loránd Tudományegyetem, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

⁵MTA Izotópkutató Intézet

E-mail: peterdi@mafi.hu, peterdib@freemail.hu

Abstract

The present study reports results of petrographical and geochemical analyses on polished stone artefacts (stone axes etc.) and stone tools from the archaeological site Balatonöszöd – Temetői dűlő (Hungary). Balatonöszöd – Temetői dűlő is the largest excavated and longest-lived site of the Baden Culture in Hungary (more than 20.000 m^2) (Fig. 1.). In the site objects of the Balaton-Lasinja Culture (Middle Copper Age) and the Boleraz Culture were found too. Altogether 500 finds (made of stone) turned up. The present study reports the results of the investigation of 204 finds, all made of basalt. Most of the finds made of basalt belong to the Baden Culture. Almost all finds made of basalt are stone axes, but most of them are only pre-forms, or fragments, their material is weathered. (Handaxes, grinding stones, objects whose function is not known, boulders of raw material and cores of shaft-hole axes can also be found.)

According to their macroscopic and microscopic features (stage of the weathering, mineral composition, texture) two type of basaltic rocks can be separated among the finds.

On the basis of our analyses [i.e. macroscopical, microscopical and chemical examinations (bulk-rock chemistry (PGAA, ICP-ES, ICP-MS) and mineral chemistry (EPMA) of olivine, clinopyroxene, plagioclase, iron-titanoxides (titanomagnetite), spinel inclusions in olivine, leucite (in the first type of basalt)], compared with data of analyses found in the literature consulted, with the help of multivariant dataprocessing – the basaltic raw material of the first type of the archaeological finds is originated most probable from the basaltic rocks of Hegyestű. The raw material of the second type of the archaeological finds is mainly similar to the basaltic rocks of Haláp and Uzsa (**Fig. 20**.), but can not be identified with them. Further investigations (i.e. more data of mineral chemistry) are needed for safety exclusion of the basaltic rocks of Selmecbánya (Banská Stiavnica, Slovakia) (in the case of the first type of the archaeological finds); and Diszel (Hajagoshegy) and Sarata (Muntii Persanii, Romania) (in the case of the second type of the archaeological finds). However, we can exclude Selmecbánya (Banská Stiavnica, Slovakia) and Sarata (Muntii Persanii, Romania) because of their significant distance from the archaeological site.

Kivonat

Cikkünkben a Balatonőszöd - Temetői dűlő lelőhelyről napvilágra került csiszolt kőeszközök (elsősorban kőbalták és töredékeik) és szerszámkövek kőzettani és geokémiai vizsgálatával foglalkozunk. Balatonőszöd-Temetői dűlő lelőhely a badeni kultúra Magyarországon eddig feltárt legnagyobb és leghosszabb életű települése (területe meghaladta a 20 hektárt). A lelőhelyen a Balaton-Lasinja kultúránakés a Boleráz kultúrának is kerültek elő önálló objektumai. Az ásatás során 500 kőzet-anyagú lelet került napvilágra. Jelen cikk a bazaltnyersanyagú kőeszközök (204 db, azaz 41 %) vizsgálatának eredményeit mutatja be. A bazalt-nyersanyagú kőeszközök régészeti kora túlnyomó részben badeni. Bazaltból főleg kőbalták készültek, de nagy részük félkész vagy töredékes, anyaguk mállott. (A balták mellett marokkövek, őrlőkövek, ismeretlen rendeltetésű tárgyak, nyersanyagtömbök és nyéllyukas balták fúrómagjai kerültek elő.)

Makroszkópos, és főként polarizációs mikroszkópban való megjelenésük (mállottság, ásványos összetétel, szövet) alapján a régészeti leletek között két bazalt-változatot különítettünk el.

Mikroszkópos tulajdonságaik (ásványos összetétel, szövet), teljes-kőzet kémiai összetételük valamint ásványaik (olivin, klinopiroxén, plagioklász, vas-titán-oxidok (titanomagnetit), spinell-zárányok olivinben, leucit (az első bazalt-változatban)) kémiai összetétele alapján, felhasználva a Pannon-medence bazaltos kőzeteiről a közelmúltban megjelent teljes-kőzet kémiai és ásványkémiai adatokat tartalmazó irodalmakat, megállapítottuk, hogy a rendelkezésre álló adatok alapján az első bazalt-változat legvalószínűbb nyersanyagforrása a Hegyestű bazaltja, míg a második bazalt-változat nyersanyaga a vizsgált geológiai lelőhelyek közül legjobban Haláp és Uzsa kőzeteire hasonlít, de azokkal egyértelműen nem azonosítható (20. ábra). Elégséges ásványkémiai mérési adat hiányában a szóbajöhető nyersanyagforrások közül nem zárható ki Selmecbánya (az első bazalt-változat esetében), valamint, Diszel (Hajagoshegy), illetve Sarata (Persányi-hegység) (a második bazalt-változat t is kizárhatjuk a lehetséges nyersanyagforrások közül.

KEYWORDS: POLISHED STONE TOOLS, COPPER AGE, BADEN CULTURE, BASALT, PETROGRAPHY, GEOCHEMISTRY, BALATONÖSZÖD

KULCSSZAVAK: CSISZOLT KŐESZKÖZ, RÉZKOR, BÁDENI KULTÚRA, BAZALT, PETROGRÁFIA, GEOKÉMIA, BALATONÖSZÖD

Bevezetés, régészeti háttér, a kutatás célja

Balatonöszöd-Temetői dűlő lelőhely a badeni kultúra Magyarországon eddig feltárt legnagyobb és leghosszabb életű települése. A feltárt településrész egy, a Balatonba futó egykori folyóvölgy nyugati partján terült el, észak-déli irányban, a folyó vonalát követve. Északon a Boleráz kultúra településének magja, délebbre a Baden kultúra településének magja található (1. ábra) (Horváth et al. 2006, Horváth 2010). Az egykori folyóvölgy keleti partján, a feltárt résszel szemközt egy hasonló nagyságú, ugyancsak a folyó vonalát követő lelőhelyet regisztráltak. A két lelőhely valószínűleg egy települést alkotott. Együttes területük meghaladta a 20 hektárt. A lelőhelyen a középső rézkori Balaton-Lasinja kultúrának és a Boleráz kultúrának is kerültek elő önálló objektumai.



1. ábra: A régészeti lelőhely (Balatonöszöd – Temetői dűlő), a badeni és boleraz rétegekkel. (Horváth 2010)
 Fig. 1.: Map of the archaeological site (Balatonöszöd – Temetői dűlő), with the Badenian and Boleraz layers.

1. táblázat: Mintadarabok és elvégzett vizsgálatok

 Table 1. Samples and analyses

Objektum	Lelet	Kőzet	Vékony- csiszolat	PGAA	ICP-ES, ICP-MS	SEM
B 1857	Kőbalta	Bazalt (1. változat)	+	+	+	+
B 1392						
(egy darabja)	Kőbalta	Bazalt (2. változat: a minta) (mállott)	+		+	+
B 2677	Kőbalta	Bazalt (2. változat: b minta)	+	+	+	+
B 1228						
(44/9 szelvény)	Kőbalta	Bazalt		+		
B 1187						
(48/10 szelvény)	Marokkő	Bazalt		+		

A Balaton-Lasinja kultúra és a Baden kultúra anyaga több helyen keverve került elő, anélkül, hogy a metszetben későbbi beásás vagy bolygatás nyoma lett volna megfigyelhető. (Horváth et al. 2006)

A továbbiakban a különböző kultúrák csiszolt kőeszközeit együtt, összevonva tárgyaljuk, mivel bármelyik itt tárgyalt korszak csiszolással megmunkált leleteiről olyan keveset tudunk, hogy az eszközök szétválasztását tipológiailag vagy nyersanyag alapján nem tudjuk megkísérelni, a lelőhelyen pedig a legtöbb korszak a késő rézkorral szuperpozícióban jelentkezett, így a néhány, középső rézkorba vagy korai bronzkorba is sorolható lelet kora és kulturális besorolása kérdéses.

500 db, az ásatás során előkerült kőzet anyagú leletet vizsgáltunk meg. Ezek régészeti tipizálását Horváth Tünde végezte el. A kőeszközök között egész és töredékes őrlőkövek (főleg alsó- és kevesebb felső őrlőkő, egyes darabokon festéknyomokkal), csiszolókövek, kőbalták, félkész nyersanyagtömbök találhatók. kőbalták, Α kőeszköz leletanyag 41%-át (204 db) bazalt nyersanyagból készítették. Ezek régészeti kora túlnyomó részben badeni. Bazaltból főleg kőbalták (átfúratlan, trapéz alakú kőbalták, és átfúrt, éles vésőélű gyalubalták és nehéz testű döntőfejszék) készültek (151 db), többségük félkész vagy töredékes, anyaguk mállott. A balták mellett szerszámkövek (marokkövek, őrlőkövek) (25 db), ismeretlen rendeltetésű tárgyak, nyersanyagtömbök (22 db) és a nyéllyukas balták furatai kerültek elő (6 db).

Munkánk célja a Balatonöszöd – Temetői dűlő lelőhelyről (1. ábra) előkerült bazalt anyagú

kőeszközök részletes kőzettani és geokémiai vizsgálata; a nyersanyagok származási helyére vonatkozó következtetések levonása.

A lehetséges nyersanyagforrások nagy száma és hasonlósága miatt elsősorban a kőzet- és ásványkémiai vizsgálatok eredményeire hagyatkozva próbáltuk leszűkíteni a szóbajöhető geológiai lelőhelvek számát. További célunk volt egy, a teljes-kőzet-összetételi, ásványkémiai, ásványos összetételbeli és szöveti információkra alapuló adatbázis felállítása, amelynek segítségével a jövőben más régészeti lelőhelyek hasonló nyersanyagú kőeszközei nyersanyagának származási helyéről is információt tudunk szolgáltatni. Mindazonáltal – különösen az adatbázis jövőbeli felhasználhatósága miatt elengedhetetlennek tartjuk a vizsgált kőzetek rövid petrográfiai jellemzésének közlését is, annál is inkább, mivel egyes lelőhelyek nyersanyagforrásként való megjelölése, illetve elvetése nem is lenne lehetséges kizárólag teljes-kőzet kémiai összetételük alapján.

Vizsgálati módszerek

A leleteket makroszkópos (azaz szabad szemmel és kézi nagyítóval végzett) megfigyelések révén nyersanyaguk alapján csoportokba soroltuk. A csoportok egy, vagy néhány jellemző (és régészeti szempontból kevésbé értékes, töredékes) példányából vékonycsiszolatot készítettünk a részletes, petrográfiai (polarizációs) mikroszkópos vizsgálatokhoz. A mikroszkópos vizsgálatok eredményét (ásványos összetétel, kőzetszövet) geokémiai vizsgálatokkal (teljes kémiai és elektronmikroszondás ásványkémiai vizsgálatokkal) egészítettük ki.



2. ábra: Részletes vizsgálatokra kiválasztott régészeti leletek.

Fig. 2.: Archaeological finds, chosen for detailed examinations

A teljes kémiai elemzések ICP-ES, illetve ICP-MS segítségével készültek a vancouveri ACME Analytical Laboratories Ltd. Laboratóriumában, valamint roncsolásmentes PGAA módszerrel Budapesten, a KFKI Izotópkutató Intézetében (a mérés a 10 MW-os Budapest Kutató Reaktornál készült, ahol a 24 mm² felületre kollimált, 1*10⁸ termális ekvivalens neutronfluxusú neutronnyalábbal 3416 s-ig történt a besugárzás. A detektálást Canberra HPGe-BGOdetektorrendszerrel, а spektrum értékelését Hypermet PC szoftverrel végezték). Az elektronmikroszondás (EPMA) vizsgálatok az MTA Intézetében, Budapesten Geokémiai Kutató készültek (Oxford Instruments INCA Energy 200 típusú energiadiszperziv elemző rendszerrel felszerelt JEOL Superprobe 733 típusú elektronmikroszondával, 15 kV gyorsítófeszültség és 4 nA mintaáram értékek mellett).

A kapott adatokat a szakirodalomban közölt elemzések adataival vetettük össze. A nagyszámú elemzési adat feldolgozásához és szemléletes megjelenítéséhez diagramokat készítettünk és többváltozós adatelemző módszereket alkalmaztunk (hierarchikus klaszteranalízis, diszkriminanciaanalízis (SPSS)).

A vizsgált mintákról és az elvégzett vizsgálatokról az **1. táblázat** tájékoztat.

A petrográfiai és az elektronmikroszondás vizsgálatok eredményei

A régészeti leletek nyersanyaga szürke, finomszemcsés bazalt, majdnem minden lelet mállott, vagy erősen mállott. Az eltemetődés során elsősorban világosbarna, illetve világosszürke, fehér, karbonátos bevonat képződött a leletek felületén (**2. ábra**). A részletes petrográfiai mikroszkópos és elektron-mikroszondás vizsgálatokhoz természetesen a lehető legüdébb minták közül válogattunk.

Bár első ránézésre a leletek anyaga nagyon hasonló, mégis a szabad szemmel és kézi nagyítóval látható fenokristályok színe és a mállás egyéb jellegzetességei alapján két csoportba soroltuk a leleteket.



3. ábra: Régészeti lelet frissen vágott felülete (2. bazalt-változat, 2a minta (B 1392)).

Fig. 3.: Cut surface of an archaeological find (basalt 2^{nd} -type, sample 2a (B 1392)).

Az első változat felülete – a karbonátos bevonat által el nem fedett részeken – közel azonosan egyszínű szürke, az egyenletes eloszlásban megjelenő fenokristályok (olivin) mérete általában 0,5-2 mm között van, színük barna (sárgás- és zöldesbarna). Sok kipattogzott fenokristály helyét csak apró üregek jelzik. A vékonycsiszolatkészítéshez kialakított, frissen vágott felületen a fenokristályok színe zöld (nagyon ritkán halvány vörösbarna elszíneződéssel).

A második változat karbonátos bevonattal nem érintett felületén ezzel szemben átlagosan 3-8 mm átmérőjű egészen világos szürke foltokat találunk. A világosszürke foltok elszórtan, egyenletes eloszlásban borítják a leletek felületét, a bennük található fenokristályok teljesen megegyeznek a sötétebb szürke felületű részeken láthatóakkal. Az egyenletes eloszlásban megjelenő fenokristályok (olivin) mérete általában 0,5-2 mm között van, színük általában egészen sötét vörösbarna (szinte fekete), de előfordulnak zöldes színűek is. Az igen erőteljesen mállott leleteken 1-3 mm-es

halványvörös, izometrikus foltok is megjelennek, melyeknek 0,2-0,3 mm széles, sötét vörösbarna alapján szegélye (megjelenésük van iddingzitesedett olivin fenokristályok). Frissen vágott felületen a kőzet sötétszürke (nem láthatóak a felületen megjelenő világosszürke foltok), a fenokristályok színe vörösbarna (elvétve egy-egy zöldes színű szemcse is előfordul). Sok kipattogzott (vagy kimállott) fenokristály helyét csak apró üregek jelzik. Az erőteljesen mállott leletek frissen vágott felületén jól láthatóak a vörösbarna, iddingzitesedett olivin fenokristályok, valamint erek mentén megjelenő, vörösbarna mállási elszíneződés (3. ábra).

A fenti két, makroszkóposan elkülönített változat anyagában a mikroszkópos és elektronmikroszondás vizsgálatok jelentős különbségeket mutattak ki.

Mikroszkópos jellemzők:

1. változat:

Porfiros, intergranuláris szövetű bazalt.

Fenokristályok:

- Idiomorf-hipidiomorf, táblás, néhány száz μm-es, mm-es nagyságú olivin-kristályok. (**4. ábra/a-b**) Általában üdék, de egy részük karbonátosodott.

 Hipidiomorf, táblás, néhány száz µm-es (azaz az olivin-fenokristályoknál kisebb), üde klinopiroxénkristályok. (4. ábra/a-b)

Előfordulnak színes elegyrész (olivin?, klinopiroxén?) utáni karbonátos pszeudomorfózák is (4. ábra/c).

Mikrofenokristályok (100 µm-nél kisebb méretűek):

- idiomorf-hipidiomorf olivin, táblás vagy nyúlt, oszlopos klinopiroxén és zömök, izometrikus titanomagnetit.



4. ábra: a) Petrográfiai-mikroszópos fotó (1N): szöveti kép olivin- és klinopiroxén-fenokristályokkal; b) Petrográfiai-mikroszópos fotó (2N): szöveti kép olivin- és klinopiroxén-fenokristályokkal; c) Petrográfiai-mikroszópos fotó (2N): karbonátos pszeudomorfózák. (Régészeti leletek, 1. bazalt-változat. (B 1857))

Fig. 4.: a) Photomicrograph (1N): rock texture with olivine- and clinopyroxene-phenocrysts; b) Photomicrograph (2N): rock texture with olivine- and clinopyroxene-phenocrysts; c) Photomicrograph (2N): carbonatic pseudomorphs. (Archaeological finds, basalt 1st-type. (B1857))



5. ábra: a) SEM-fotó: zónás olivin-fenokristály klinopiroxén mikrofenokristállyal a szélén; b) SEM-fotó: olivinés klinopiroxén-fenokristályok; c) SEM-fotó: zónás klinopiroxén-fenokristály; d) SEM-fotó: monomineralikus klinopiroxén-fenokristály halmaz; e) SEM-fotó: plagioklász, klinopiroxén, magnetit az alapanyagban; f) SEMfotó: leucit, klinopiroxén, plagioklász, magnetit az alapanyagban. (Régészeti leletek, 1. bazalt-változat. (B 1857))

Fig. 5.: a) SEM-photomicrograph: zoned olivine-phenocryst with clinopyroxene microphenocryst; b) SEM-photomicrograph: olivine- and clinopyroxene-phenocryst; c) SEM-photomicrograph: zoned clinopyroxene-phenocryst; d) SEM-photomicrograph: monomineralic group of clinopyroxene-phenocrysts; e) SEM-photomicrograph: plagioclase, clinopyroxene, magnetite in the groundmass; f) SEM-photomicrograph: leucite, clinopyroxene, plagioclase, magnetite in the groundmass. (Archaeological finds, basalt 1st-type. (B1857))

Az elektron-mikroszondás vizsgálatok kimutatták, hogy az olivin-fenokristályok zónásak (a zónásság folyamatos) (**5. ábra/a**). A vastartalom a magtól kifelé haladva növekszik (a fayalit-tartalom 13-17%-ról 21-22%-ra növekszik).

A klinopiroxén-fenokristályok és mikrofenokristályok olivinnel összenőve (), vagy monomineralikus halmazokat alkotva jelennek meg (**5. ábra/d**). Komplex szektor és koncentrikus zónásságot mutatnak (**5. ábra/c**), összetételük tág határok között változik: az Mg-érték 0.78 – 0.83, az Al2O3-tartalom 0.6 és 12.6 t% között, míg a TiO₂tartalom 0.5 és 5.3 t% között mozog.

A mikrofenokristály generációban kimutatható titanomagnetit jellemzője a viszonylag nagy, 2 t% fölötti Cr2O3-tartalom.

Az alapanyagot klinoproxén, plagioklász, opakásvány (titanomagnetit), leucit és kőzetüveg alkotja (**5. ábra/e-f**), olivin vagy olivinre utaló

bomlástermék nem található benne. A leucit nagyon kis mérete (20 µm) miatt csak elektronmikroszondával volt azonosítható, xenomorf kőzetüveghez kristálvai (a hasonlóan) az alapanyagban található plagioklász és klinopiroxénkristályok között fennmaradt helyeket töltik ki. Az alapanyagban a sötét barna színű kőzetüveg mennyisége kevesebb, mint 10%, eloszlása egyenletes. Az alapanyag klinopiroxén kristályainak összetétele ugyanolyan tág határok között változik, mint a fenokristályoké. A plagioklász lécek labradoritos összetételűek (56-66% anortit-tartalommal). A titanomagnetitszemcsék alig tartalmaznak krómot, alumínium- és magnézium-tartalmuk is kisebb. mint а mikrofenokristályok között található szemcséké.

Másodlagos karbonát-foltok, erek is találhatóak a kőzetben. A karbonátok zónásak, az összetétel a viszonylag tiszta kalcittól néhány százalékos vastartalomig változik.



6. ábra: a) Petrográfiai-mikroszópos fotó (1N): szöveti kép iddingzitesedett olivin-fenokristályokkal.

b) Petrográfiai-mikroszópos fotó (2N): szöveti kép iddingzitesedett olivin-fenokristályokkal; c) Petrográfiaimikroszópos fotó (1N): kvarcit-xenokristály reakció-koronával; d) Petrográfiai-mikroszópos fotó (2N): kvarcitxenokristály reakció-koronával; e) Petrográfiai-mikroszópos fotó (1N): a kvarcit-xenokristály reakció-koronája (klinopiroxén, káliföldpát és kőzetüveg). (Régészeti leletek, 2. bazalt-változat, 2a minta (B 1392))

Fig. 6.: a) Photomicrograph (1N): rock texture with olivine-phenocrysts (altered to iddingsite); b) Photomicrograph (2N): rock texture with olivine-phenocrysts (altered to iddingsite); c) Photomicrograph (1N): quartzite-xenocryst with a reaction corona; d) Photomicrograph (2N): quartzite-xenocryst with a reaction corona; clinopyroxene, alkali feldspar and rock glass) of the quartzite-xenocryst. (Archaeological finds, basalt 2^{nd} -type, sample 2a (B 1392))

2. változat:

Porfiros, intergranuláris szövetű bazalt. Az első változatnál durvább szemcsés és erősebben átalakult.

Fenokristályok:

- Kizárólag idiomorf-hipidiomorf, táblás, néhány száz μm-es - néhány mm-es nagyságú, erősen iddingzitesedett olivin (**6. ábra/a-b**).

Az elektron-mikroszondás vizsgálatok kimutatták, hogy az olivin-fenokristályok zónásak (a zónásság folyamatos). A vastartalom a magtól kifelé haladva növekszik, de az előrehaladott átalakulás miatt a vasdús szegély általában elbomlott, viszonylag üde szegély csak egy-két szemcsén volt mérhető (a fayalit-tartalom a szemcsék magjában elég változatos, általában 14-18%-os, ritkán a 27%-ot is elérheti; míg a csak néhány helyen mérhető szegélyben 26-40%-ra növekszik) (7. ábra/a). Néhány szemcse plagioklász, illetve többfázisú (klinopiroxénből, plagioklászból, apatitból, opakásványból és egy azonosítatlan, Na-dús fázisból álló) zárványokat tartalmaz. A plagioklászzárványok, illetve az összetett zárványokban a plagioklász anortit-tartalma 59 és 62% között változik, a klinopiroxén pedig Ti-augitos összetételű (2,44-3,72 t% TiO₂, 5,97-7,60 t% Al_2O_3) (**7. ábra/b-c**).

A kőzetváltozat jellegzetessége, hogy köpeny- és kéregeredetű zárványok is megjelennek benne.

A 7./d ábrán köpenyeredetű olivin xenokristály látható. A szemcse forsterit-tartalma 90%. A szemcse szélénél króm-spinell zárvány található (Cr_2O_3 -tartalom: 33 t%).

Kéregeredetű zárvány a 6./c-d ábrán látható nagyméretű kvarc- (kvarcit-) xenokristály (xenolit), amelyet finomszemcsés reakciószegély övez (6. reakciószegélyt klinopiroxén, ábra/e). А káliföldpát és kőzetüveg alkotja, helyenként tűs kifejlődésű apatitot is tartalmaz (7. ábra/e). A klinopiroxén jellemző sajátsága, hogy gyakorlatilag nem tartalmaz alumíniumot (0,00-0,68 t% Al₂O₃) és titánt (0,25-0,76 t% TiO₂). A káliföldpát összetétele $An_1Ab_{30}Or_{69}$. hozzávetőleg Ehhez hasonló összetételű földpát máshol nincs a mintában.



7. ábra: a) SEM-fotó: olivin-fenokristály; b) SEM-fotó: zárványos olivin-fenokristály; c) SEM-fotó: olivin-fenokristály összetett zárványa (plagioklász, klinopiroxén, magnetit, apatit, Na-tartalmú fázis (kőzetüveg?))

d) SEM-fotó: olivin-xenokristály Cr-spinell zárvánnyal; e) SEM-fotó: a kvarcit-xenokristály reakció-koronája (klinopiroxén, káliföldpát és kőzetüveg); f) SEM-fotó: olivin, klinopiroxén, plagioklász (kőzetüveg?) az alapanyagban. (Régészeti leletek, 2. bazalt-változat, 7/a, d-f: 2a minta (B1392), 7/b-c: 2b minta (B 2677))

Fig. 7.: a) SEM-photomicrograph: olivine-phenocryst; b) SEM-photomicrograph: olivine-phenocryst with inclusions; c) SEM-photomicrograph: complex inclusion (plagioclase, clinopyroxene, magnetite, apatite, Na-rich phase (rock glass?)) of an olivine-phenocryst; d) SEM-photomicrograph: olivine-xenocryst with Cr-spinel inclusion; e) SEM-photomicrograph: reaction corona (clinopyroxene, alkali feldspar and rock glass) of the quartzite-xenocryst; f) SEM-photomicrograph: olivine, clinopyroxene, plagioclase (rock glass?) in the groundmass. (Archaeological finds, basalt 2nd-type, 7/a,d-f: sample 2a (B 1392), 7/b-c: sample 2b (B 2677))

Az alapanyagot olivin, klinopiroxén, plagioklász, opakásvány (titanomagnetit) és kőzetüveg alkotja (7. ábra/f). Az alapanyagban a sötét színű kőzetüveg mennyisége kevesebb, mint 10%, eloszlása egyenletes. Az olivin az alapanyagban általában bontott, csak néhány üde szemcse fordul elő, ezek összetétele a fenokristályok szegélyéhez hasonló (31-32% fayalit-tartalom). Az alapanyag klinopiroxénjének alumínium- és titán-tartalma nagyobb még az olivin-fenokristályok összetett zárványaiban található klinopiroxénekénél is (2,49-4,12 t% TiO₂, 5,65-9,22 t% Al₂O₃), összetétele élesen különbözik kéreg-zárvány а reakciószegélyében talált klinopiroxéntől. Az alapanyag-plagioklász anortit-tartalma 58-62%, gyakorlatilag olivinmegegyezik az fenokristályokban megjelenő zárványként plagioklászok összetételével.

A két változat petrográfiai és ásványkémiai jellegeinek összehasonlítása:

A 2. változatban fenokristályként csak olivin található (általában bontott, iddingzitesedett formában), mikrofenokristályok nincsenek, az alapanyagot pedig olivin, klinopiroxén, plagioklász, titanomagnetit és kőzetüveg alkotja.

Az 1. változatban ezzel szemben a fenokristályok, mikrofenokristályok között az olivin mellett megtalálható a klinopiroxén is, az alapanyagból hiányzik az olivin, viszont előfordul leucit.

A klinopiroxén összetétele az 1. változatban lényegesen tágabb határok között változik, mint a 2. változatban: különösen alacsony és kiugróan magas titán- és alumínium-tartalmak is megfigyelhetők, mind a fenokristályokban, mind az alapanyagban.

A plagioklász összetétele mindkét változat alapanyagában lényegében azonos, labradoritos.

2. táblázat: a kiválasztott minta-darabok teljes-kémiai (PGAA) elemzésének eredményei

Table 2. Durch		50 y. 1 07 17	1050115 01 1	ie arenaeolog	,icai iiias			
Objektum	B	1857	В	2677	В	1228	В	1187
Főelemek (w%)		hiba (%)		hiba (%)		hiba (%)		hiba (%)
SiO ₂	47,43	1,4	48,29	1,4	45,36	1,4	47,48	1,3
TiO ₂	2,23	2,2	2,03	2,3	2,28	2,1	2,01	2,3
Al ₂ O ₃	14,82	2,1	14,29	2,1	15,01	2,1	14,50	2,1
Fe ₂ O ₃	11,06	2,2	11,28	2,3	9,93	2,1	11,01	2,1
MnO	0,16	3,0	0,13	6,3	0,16	3,0	0,13	3,6
MgO	6,59	6,1	7,79	6,3	9,74	4,9	8,51	5,4
CaO	10,36	2,7	8,48	2,8	10,09	2,7	8,50	2,8
Na ₂ O	3,80	2,5	4,73	2,5	3,53	2,5	4,33	3,0
K ₂ O	2,68	3,1	2,44	3,5	2,53	2,3	2,73	3,0
H ₂ O	0,84	2,3	0,38	3,5	1,13	2,1	0,70	3,0
Summa	99,96		99,83		99,76		99,90	
Nyomelemek (ppm)								
В	0,55	2,3	3,70	1,8	2,77	1,6	1,67	1,7
Cl	379,24	6,0	843,11	2,3	566,61	4,7	884,44	4,0
Sc	29,37	12,1	<10		33,45	14,4	14,21	24,7
Cr	<400		563,89	9,8	481,50	8,0	<400	
Со	<40		<40		<40		<40	
Ni	<500		<500		<500		<500	
Nd	46,70	15,0	49,32	10,6	53,75	9,4	39,55	16,4
Sm	3,93	2,6	3,75	3,3	4,94	2,3	5,48	7,2
Gd	3,70	3,6	4,86	3,9	5,36	4,1	5,13	4,0

Table 2. Bulck-rock chemistry. PGAA-results of the archaeological finds

Kőzetkémiai elemzések és értelmezésük

PGAA

Α közelmúltban több, régészeti leletek nyersanyagaként előforduló kőzettípusról is készültek összehasonlító PGAA-s tanulmányok, melyek célja a régészeti leletek nyersanyagának ezzel a teljesen roncsolásmentes módszerrel történő kémiai elemzése, illetve az elemzésekből egy adatbázis felállítása (Szakmány et al. 2010, Szakmány et al. in press). Már a korábbi kimutatták, vizsgálatok hogy geológiai lelőhelyekről származó bazaltok esetében PGAA elemzések segítségével elkülöníthetőek egymástól a

fiatal és idősebb magyarországi bazaltok (a Balaton-felvidéki, nógrádi neogén bazaltok, illetve a mecseki kréta bazaltok). (Füri et al. 2004)

A Füri Judit és szerzőtársai által közölt diagramokba illesztve a Balatonöszöd - Temetői dűlőn előkerült leletek közül négy reprezentatív bazalt kőeszköz elemzésének eredményeit (2. táblázat) látható, hogy a vizsgált minták nyersanyaga a fiatal bazaltok csoportjába esik. (8. ábra, melléklet 1-2. ábra)

ICP-ES, ICP-MS

Ezzel a módszerrel három mintát elemeztünk, egyet az 1. változatból, kettőt a 2. változatból.



8. ábra: Teljes-kőzet összetétel. Gd-koncentráció a Sm-tartalom függvényében a PGAA-mérési eredmények alapján: régészeti leletek (kék négyzetek), neogén bazaltok (rózsaszín rombuszok) (FÜRI et al., 2004) és mecseki kréta bazaltok (zöld háromszögek) (FÜRI et al., 2004)

Fig. 8.: Bulk-rock chemistry. Gd-concentration as a function of Sm-content of the analysed basalt samples according to the results of PGAA: stone tools (blue squares), Neogene basalts (rose diamonds) (FÜRI et al., 2004) and Cretaceous basalts from the Mecsek-mts. (green triangles) (FÜRI et al., 2004)

A kapott kémiai összetételi adatokat (3. táblázat) összehasonlítottuk а fiatal bazaltokról а közelmúltban megjelent nagyszámú elemzés adataival (Poultidis & Scharbert 1986, Embey-Isztin et al. 1993, Harangi et al. 1995, Kóthay 2009, Jankovics et al. 2009, Kónya 2009). Az irodalmi adatok a Kárpát-medence különböző területeiről (a Grázi-medencéből, Burgenlandból, a Kisalföldről, a Balaton-felvidékről, Nógrádból (a Medvesfennsíkról), Közép-Szlovákiából (a Selmecbányaihegységből), a Persányi-hegységből és bánáti területekről) származó fiatal bazaltok összetételét tartalmazzák (9. ábra). Fel kell hívnunk a figyelmet, hogy az irodalomban közölt elemzések nem terjednek ki a fiatal bazaltok minden ismert Kárpát-medencei lelőhelyére, néhány lelőhely ezért nem szerepelhet az adatbázisban.

Az eredményeket diagramokon ábrázoltuk (TASdiagram; főelemek a SiO₂-tartalom, illetve egymás függvényében; nyomelemek N-MORB-ra (Pearce and Parkinson 1993.) normált értékei; ritkaföldfémek kondritra (Sun and McDonough 1989.) normált értékei). A diagramok jelkulcsában az egyes területeket azonos színű jelekkel ábrázoltuk. Az áttekinthetőség érdekében a Balaton-felvidéken található lelőhelyeket két csoportra osztottuk: egy bázisosabb (48% SiO₂- tartalom alatt, BF 1) és egy savanyúbb (48% SiO₂tartalom felett, BF 2) csoportra. (A két csoport közötti határ megválasztása önkényes, csak az indokolja, hogy a 48% SiO₂-tartalom nagyjából a Balaton-felvidéki minták SiO₂-tartalom értékeinek közepére esik, és ennek az értéknek a környékén ritkábbak a mérési eredmények, mint az alacsonyabb, illetve magasabb értékeknél.) A Haláp kivételével minden lelőhely elemzési eredményei csak az egyik csoportba tartoznak, a halápi minták között azonban – az uralkodóan a savanyúbb csoportba tartozó minták mellett – két bázisosabb mintáról is rendelkezünk összetételi adatokkal.

A TAS-diagram (Total Alkali Silica-diagram, **10**. **ábra, melléklet 3. ábra**) alapján a régészeti leletek nyersanyaga – a geológiai minták többségéhez hasonlóan - a tefrit-bazanit, illetve a trachibazalt mezőbe esik.

A főelemeket a SiO₂-tartalom függvényében ábrázoló diagramok azt mutatják, hogy az általunk elemzett bazalt kőeszközök jól hasonlítanak néhány geológiai lelőhely bazaltjaira, de egyes lelőhelyek bazaltjaitól jelentősen eltérnek. Ezek alapján a geológiai lelőhelyek jelentős része kizárható a régészeti leletek nyersanyagának lehetséges forrásai közül. **3. táblázat:** A kiválasztott minta-darabok teljeskémiai (ICP-ES, ICP-MS) elemzésének eredményei

Table 3.:	Bulk-rock	chemistry.	ICP-ES	and	ICP-
MS results	s of the arch	naeological	finds		

	bazalt 1	bazalt 2a	bazalt 2b		
(w%)	B 1857	B 1392	B 2677		
SiO ₂	43,96	45,48	45,61		
Al ₂ O ₃	15,51	15,73	15,47		
Fe ₂ O ₃	10,37	10,75	10,76		
MgO	8,07	7,40	8,06		
CaO	10,83	9,60	9,33		
Na ₂ O	3,58	3,56	4,20		
K ₂ O	2,50	1,76	2,36		
TiO ₂	2,17	2,20	2,16		
P ₂ O ₅	0,69	0,80	0,82		
MnO	0,18	0,17	0,17		
Cr ₂ O ₃	0,03	0,02	0,02		
LOI	1,80	2,20	0,70		
SUM	99,69	99,67	99,66		
(ppm)					
Rb	87,40	48,20	75,60		
Ba	797,00	1030,40	908,90		
Th	7,30	7,90	8,70		
Nb	65,30	71,20	74,20		
Pb	5,10	3,80	2,70		
Sr	834,80	1014,40	984,40		
Nd	46,50	47,40	48,20		
Zr	296,30	262,40	278,80		
Y	29,00	28,70	28,90		
La	56,20	55,20	58,10		
Ce	113,40	110,70	113,20		
Pr	12,12	11,60	12,25		
Nd	46,50	47,40	48,20		
Sm	8,40	8,20	8,90		
Eu	2,32	2,64	2,62		
Gd	6,64	7,10	7,45		
Тb	0,82	0,85	0,79		
Dy	4,94	5,10	5,13		
Но	1,01	0,98	0,97		
Er	2,49	2,50	2,45		
Tm	0,43	0,40	0,37		
Yb	2,53	2,31	2,39		
Lu	0,36	0,32	0,32		

HU ISSN 1786-271X; urn: nbn: hu-4106 C by the author(s)

Terjedelmi okokból ezen ábrák többségét a mellékletben szerepeltetjük (melléklet 4-23. ábra), példaként azonban itt is bemutatunk néhány diagramot (11-13. ábra). Az egyes ábrákon a diagramok mellett a geológiai lelőhelyek felsorolásában vörössel szedtük a lehetséges nyersanyag-források közül az aktuális diagram alapján kizárt geológiai lelőhelyeket (kékkel a csak bizonytalanul kizártakat), normál vastagsággal szerepelnek az egyéb főelem-tartalom alapján már kizárt lelőhelyek, félkövér szedéssel a még ki nem zárt lelőhelyek.

Az aktuális diagram alapján kizárt geológiai lelőhelyek az ábrában nagyobb méretű jellel szerepelnek. A jobb áttekinthetőség érdekében az ábrák között nemcsak a teljes diagramok, hanem a régészeti leletek elemzési eredményeinek környezetére koncentráló "kivágatok" is szerepelnek.

A **4. táblázatban** összefoglaltuk, hogy az egyes geológiai lelőhelyek mely főelemek mennyisége alapján zárhatóak ki a lehetséges nyersanyag-források közül.

A főelem-diagramok alapján a régészeti leletek összetételéhez legközelebb álló geológiai lelőhelyeket az **5. táblázat** tartalmazza. A táblázatban feltüntettük azokat a geológiai lelőhelyeket is, amelyek kizárását bizonytalannak ítéltük (2. és 3. csoport a táblázatban).

A rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján elkészítettük a nyomelemek N-MORB-ra (Pearce and Parkinson 1993.) normált értékeit ábrázoló (melléklet 24-29. ábra) és a ritkaföldfémek kondritra (Sun and McDonough 1989.) normált értékeit ábrázoló (melléklet 30-35. ábra) diagramokat. Ezen diagramok alapján látható, hogy a fiatal bazaltok nyomelem- és rikaföldfémösszetétele egymáshoz nagyon hasonló, a régészeti leletektől csak a burgenlandi, Persányi-hegységi, bánsági minták és a Grazi-medencei Stradner Kogel tér el, ezeket a lelőhelyeket azonban a főelemösszetétel alapján már korábban kizártuk a lehetséges nyersanyag-források közül.

Többváltozós adatelemzés

Mivel a főelem-diagramok értelmezése (a geológiai lelőhelyek kizárása a lehetséges nyersanyagforrások közül) egyes esetekben meglehetősen szubjektív (például a MgO-SiO₂-diagram esetében), valamint igen jelentős mennyiségű kémiai elemzési adat áll rendelkezésünkre, többváltozós adatelemző módszereket is alkalmaztunk a teljes adatbázison. Első lépésben hierarchikus klaszteranalízist végeztünk 296 adatsoron (régészeti leletek és geológiai minták főelem-összetételi adatain). A csoportokat dendrogram alapján jelöltük ki, a csoportosítást diszkriminancia-analízissel ellenőriztük..



9. ábra: Fiatal bazalt-területek a Kárpát-medencében (Jámbor et al. 1981), módosítva:

A számok az egyes területeket jelzik, amelyekről teljes-kőzet kémiai elemzési adatokat használtunk fel: 1. Grázimedence (Ausztria), 2. Burgenland (Ausztria), 3. Kisalföld, 4. Balaton-felvidék, 5. Nógrád – Medves-fennsík, 6. Közép-Szlovákia (Selmecbányai-hegység) (Szlovákia), 7. Persányi-hegység, (Románia) 8. Bánát (Románia).

Fig. 9.: Neogene basalt areas in the Carpathian Basin (Jámbor et al. 1981), modified:

The numbers indicate the areas from which we used bulk-rock chemical data from the literature consulted: 1. Graz Basin (Austria), 2. Burgenland (Austria), 3. Little Hungarian Plane, 4. Balaton-Highland, 5. Nógrád county – Medves-plateau, 6. Central-Slovakia (Selmecbánya-mts.) (Slovakia), 7. Muntii Persanii (Romania), 8. Banat (Romania).

A csoportosítás helyességét (megfelelőségét) – amely 94,6% volt – az elemző-szoftver által javasolt átsorolások után az ismételt diszkriminancia-analízis tanúsága szerint 97,3%-ra növeltük.

A csoportosítás eredményét a **6. táblázat** tartalmazza. Az egyes lelőhelyek neve mellett zárójelben feltüntettük az adott lelőhely mintáiról készült, a csoportba sorolt elemzések és a teljes csoportosításhoz a lelőhely mintáiról felhasznált elemzések számát is.

A csoportosítás helyességét (megfelelőségét) leképező diszkriminancia-analízis (**14. ábra**) alapján a régészeti leleteket is tartalmazó 1. és 2. csoport átfed, nem különül el egymástól kellő mértékben.

A további pontosítás érdekében az 1. és 2. csoport elemeire (135 adatsor) is elvégeztük a hierarchikus klaszteranalízist. Többszörös pontosítás (az elemzőszoftver által javasolt átsorolások) után a csoportosítás helyességét (megfelelőségét) a kezdeti 93,1%-ról 98,5%-ra növeltük.

A végleges csoportosítás eredményét a 7. táblázat tartalmazza. Az egyes lelőhelyek neve mellett zárójelben feltüntettük az adott lelőhely mintáiról készült, a csoportba sorolt elemzések és a teljes csoportosításhoz a lelőhely mintáiról felhasznált elemzések számát is.

A csoportosítás helyességét (megfelelőségét) leképező diszkriminancia-analízis eredményét a **15. ábrán** ábrázoltuk. Látható, hogy a régészeti leleteket tartalmazó csoportokhoz (1. és 3. csoport (2. bazaltváltozat), 4. csoport (1. bazaltváltozat)) vannak közel eső csoportok (7., 9., illetve 8. csoport), de az elkülönülés jobb, mint a fentebbi, mind a 296 adatsort figyelembe vevő csoportosítás esetében. **4. táblázat:** A főelem-diagramok alapján a lehetséges nyersanyag-források közül kizárt lelőhelyek. A táblázatban 'x' jelzi a kizárás alapjául szolgáló főelemeket. A ki nem zárt lelőhelyek félkövérrel szedve.

Table 4.: Geological localities excluded from the possible sources of the raw material of the archaeological finds according to the major-element-diagrams. The exclusion was made on the basis of the major elements. It is indicated in the table with an 'x'. In the listing of the geological localities the following notations are used: Printed in bold: geological localities not excluded.

		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO
Grazi- medence	Stradner Kogel	x			x	х	х			х
Grazi- medence	Steinberg									
Grazi- medence	Klöch									
Burgenland	Pál-hegy (Pauliberg)		X		X				X	
Burgenland	Felsőpulya (Oberpullendorf)		x					x?	x?	
Kisalföld	Somlyó	х				х				
Kisalföld	Kissomlyó									
Kisalföld	Sághegy	х								
Kisalföld	Sitke (Hercseghegy)				x?			x?		
Kisalföld	Sitke-Gérce		x							x
Balaton- felvidék 1	Sümegprága									
Balaton- felvidék 1	Bondoró-hegy		X		X	X			x?	
Balaton- felvidék 1	Diszel									
Balaton- felvidék 1	Badacsony									
Balaton- felvidék 1	Hegyesd									
Balaton- felvidék 1	Szigliget						x?			
Balaton- felvidék 1	Gulács									
Balaton- felvidék 1	Halom-hegy									
Balaton- felvidék 1	Hegyestű									
Balaton- felvidék 1	Füzes-tó		X	X	x				x?	
Balaton- felvidék 2	Kovácsi-hegy	x		X	x					
Balaton- felvidék 2	Agár-tető	х				x				
Balaton- felvidék 2	Kab-hegy	x				x				
Balaton- felvidék 2	Tormarét	X				X				
Balaton- felvidék 2	Haláp (savanyúbb)	X								

4. táblázat, folyt.

Table 4., cont.

		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ t	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO
Balaton- felvidék 2	Haláp (bázisosabb)				x?					
Balaton- felvidék 2	Kapoles	х		х		х				
Balaton- felvidék 2	Som-hegy	x				х				
Balaton- felvidék 2	Szentgyörgy- hegy	x		x		х				
Balaton- felvidék 2	Uzsabánya	x								
Balaton- felvidék 2	Tóti-hegy (Káptalantóti)	x	х	х		х		x?		
Nógrád	Eresztvény		х	x						
Nógrád	Magyarbánya		x	x	x		x?			
Nógrád	Somoskő		х	x	x					
Közép- Szlovákia	Selmecbánya (Banská Stiavnica)				x?				x?	
Közép- Szlovákia	Kysihibel		x		x				x?	х
Közép- Szlovákia	Dobornya (Dobra Niva)	x		X	x					
Közép- Szlovákia	Magasmart (Brehy)		х		x					
Persányi- hegység (Muntii Persanii)	Rákos		Х		Х				x?	
Persányi- hegység (Muntii Persanii)	Barc (Sáromberke)		х						x?	
Persányi- hegység (Muntii Persanii)	Bogata		X						x?	
Persányi- hegység (Muntii Persanii)	Sarata		X						x?	
Persányi- hegység (Muntii Persanii)	Comana de Sus (Felsőkomana)	X	X	X					x?	
Bánát	Lucaret (Lukácskő)	x				x				
Bánát	Sanovita (Sziklás)	x				x				



10. ábra: Teljes-kőzet összetétel. TAS (Total Alkali-Silica)-diagram

Fig. 10.: Bulk-rock chemistry. TAS (Total Alkali-Silica)-diagram

5. táblázat: A főelem-diagramok alapján a régészeti leletek összetételéhez legközelebb álló geológiai lelőhelyek **Table 5.** Geological localities with basaltic rock most similar to the raw material of the archaeological finds according to the major-element-diagrams.

	bazalt 1	bazalt 2a	bazalt 2b
1.	Hegyestű	Sümegprága	Sümegprága
	Klöch	Diszel-Hajagos	Badacsony
	Steinberg	Halom-hegy	Halom-hegy
		Gulács	Gulács
		Hegyesd	Hegyesd
		Szigliget	Szigliget
		Kissomlyó	Kissomlyó
		Badacsony	Diszel-Hajagos
2.	Haláp (bázisosabb)	Haláp (bázisosabb)	Haláp (bázisosabb)
	Sitke-Hercseghegy		Sitke-Hercseghegy
3.	Selmecbánya	Selmecbánya	Selmecbánya



11. ábra: Teljes-kőzet összetétel. Al₂O₃-koncentráció a SiO₂-tartalom függvényében.

A geológiai lelőhelyek felsorolásában vörössel szedtük a lehetséges nyersanyag-források közül az aktuális diagram alapján kizárt geológiai lelőhelyeket, normál vastagsággal szerepelnek az egyéb főelem-tartalom alapján már kizárt lelőhelyek, félkövér szedéssel a még ki nem zárt lelőhelyek. Az aktuális diagram alapján kizárt geológiai lelőhelyek az ábrában nagyobb méretű jellel szerepelnek.

Fig. 11.: Bulk-rock chemistry. Al₂O₃-concentration (wt%) as a function of SiO₂-content (wt%).

In the listing of the geological localities the following notations are used: Printed in red: geological localities excluded from the possible sources of raw materials on the basis of the actual diagram. Printed in normal type: geological localities already excluded on the basis of other major elements. Printed in bold: geological localities not yet excluded. Geological localities excluded on the basis of the actual diagram are indicated by enlarged signs in the diagram.



12. ábra: Teljes-kőzet összetétel. Fe₂O₃(t)-koncentráció a SiO₂-tartalom függvényében.

A geológiai lelőhelyek felsorolásában vörössel szedtük a lehetséges nyersanyag-források közül az aktuális diagram alapján kizárt geológiai lelőhelyeket, normál vastagsággal szerepelnek az egyéb főelem-tartalom alapján már kizárt lelőhelyek, félkövér szedéssel a még ki nem zárt lelőhelyek. Az aktuális diagram alapján kizárt geológiai lelőhelyek az ábrában nagyobb méretű jellel szerepelnek.

Fig. 12.: Bulk-rock chemistry. Fe₂O₃(t)-concentration (wt%) as a function of SiO₂-content (wt%).

In the listing of the geological localities the following notations are used: Printed in red: geological localities excluded from the possible sources of raw materials on the basis of the actual diagram. Printed in normal type: geological localities already excluded on the basis of other major elements. Printed in bold: geological localities not yet excluded. Geological localities excluded on the basis of the actual diagram are indicated by enlarged signs in the diagram.



13. ábra: Teljes-kőzet összetétel. Na $_2$ O + K $_2$ O-koncentráció (totál alkália-tartalom) a TiO $_2$ /Al $_2$ O $_3$ -tartalom függvényében.

A geológiai lelőhelyek felsorolásában vörössel szedtük a lehetséges nyersanyag-források közül az aktuális diagram alapján kizárt geológiai lelőhelyeket, normál vastagsággal szerepelnek az egyéb főelem-tartalom alapján már kizárt lelőhelyek, félkövér szedéssel a még ki nem zárt lelőhelyek. Az aktuális diagram alapján kizárt geológiai lelőhelyek az ábrában nagyobb méretű jellel szerepelnek.

Fig. 13.: Bulk-rock chemistry. $Na_2O + K_2O$ -concentration (total alkali concentration)(wt%) as a function of TiO_2/Al_2O_3 -content (wt%).

In the listing of the geological localities the following notations are used: Printed in red: geological localities excluded from the possible sources of raw materials on the basis of the actual diagram. Printed in normal type: geological localities already excluded on the basis of other major elements. Printed in bold: geological localities not yet excluded. Geological localities excluded on the basis of the actual diagram are indicated by enlarged signs in the diagram.

6. táblázat: a lelőhelyek csoportosítása teljes kémiai elemzések (főelemek) alapján, az összes elemzés figyelembe vételével (296 adatsor). Az egyes lelőhelyek neve mellett zárójelben feltüntettük az adott lelőhely mintáiról készült, a csoportba sorolt elemzések és a teljes csoportosításhoz a lelőhely mintáiról felhasznált elemzések számát is.

Table 6. Grouping of the geological localities according to their bulk-rock chemistry (major elements), taking into consideration all records (296 records of major elements). Notation: name of the geological locality (number of analyses in the given group / all analyses of the given geological locality).

1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport	5. csoport	6. csoport	7. csoport	8. csoport	9. csoport
bazalt 2a	bazalt 1							
bazalt 2b								
Badacsony (14/15)	Badacsony (1/15)	Bondoró- hegy (7/7)	Pál-hegy (Pauliberg) (6/34)	Eresztvény (10/10)	Agár-tető (3/3)	Stradner Kogel (9/9)	Pál-hegy (Pauliberg) (21/34)	Felsőpulya (Oberpullen dorf) (15/15)
Diszel- Hajagosheg y) (20/25)	Diszel- Hajagosheg y (5/25)	Füzes-tó (2/2)		Gulács (1/14)	Bogata (2/2)			Pál-hegy (Pauliberg) (7/34)
Gulács (4/14)	Gulács (9/14)			Magyarbány a (10/10)	Dobornya (Dobra Niva) (1/1)			
Haláp (b) (2/2)	Hegyesd (7/7)			Somoskő (1/1)	Felsőkoman a (Comana de Sus) (1/1)			
Halomhegy (2/2)	Hegyestű (1/2)			Steinberg (3/5)	Haláp (s) (14/14)			
Hegyestű (1/2)	Kapolcs (1/1)				Kab-hegy (1/1)			
Kissomlyó (1/7)	Kissomlyó (4/7)				Kissomlyó (2/7)			
Klöch (4/4)	Kovácsi- hegy (11/11)				Kysihibel (1/1)			
Magasmart (Brehy) (1/1)	Sitke-Gérce (1/3)				Lukácskő (Lucaret) (1/1)			
Sarata (1/1)	Sümegprága (12/16)				Rákos (2/2)			
Selmecbány a (1/1)	Szigliget (5/5)				Ság-hegy (12/12)			
Sitke-Gérce (2/3)	Uzsa (8/9)				Sáromberke (Barc) (1/1)			
Sitke- Hercsegheg y (8/8)					Som-hegy (1/1)			
Sümegprága (4/16)					Somlyó (6/6)			
Steinberg (2/5)					Sziklás (Sanovita) (1/1)			
					Szentgyörgy -hegy (12/12)			
					Tormarét (6/6)			
					Tóti-hegy (1/1)			
					Uzsa (1/9)			

Diszkriminancia-analízis eredménye 296 adatsorra

Canonical Discriminant Functions



14. ábra: Α diszkriminancia-analízis eredménye 296 adatsor (teljes-kőzet kémiai elemzések: főelemek) csoportosítása után. A régészeti leleteket az 1. és а 2. csoport tartalmazza.

Fig. 14.: Result of the Discriminant Analysis after grouping 296 record (bulk-rock chemistry: major elements). Archaeological finds in the 1^{st} and the 2^{nd} group.

Diszkriminancia-analízis eredménye 135 adatsorra





15. ábra: A diszkriminancia-analízis eredménye 135 adatsor (teljes-kőzetkémiai elemzések: főelemek; 1. és 2. csoport a 14. ábrán) csoportosítása után. A régészeti leleteket az 1. és a 3. csoport tartalmazza.

Fig. 15.: Result of the Discriminant Analysis after grouping 135 record (bulk-rock chemistry: major elements; the 1st and 2nd group on fig. 14.). Archaeological finds in the 1st and the 3rd group.

7. táblázat: a lelőhelyek csoportosítása teljes kémiai elemzések (főelemek) alapján, csak a teljes csoportosítás 1. és 2. csoportjának figyelembe vételével (135 adatsor). Az egyes lelőhelyek neve mellett zárójelben feltüntettük az adott lelőhely mintáiról készült, a csoportba sorolt elemzések és a teljes csoportosításhoz a lelőhely mintáiról felhasznált elemzések számát is.

Table 7. Grouping of the geological localities according to their bulk-rock chemistry (major elements), taking into consideration only the 1. and 2. group of the whole grouping (135 records of major elements).

Notation: name of the geological locality (number of analyses in the given group / all analyses of the given geological locality).

1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport	5. csoport	6. csoport	7. csoport	8. csoport	9. csoport	10. csoport
bazalt 2a		bazalt 2b	bazalt 1						
Diszel- Hajagoshe gy) (12/25)	Klöch (4/4)	Badacsony (15/15)	Haláp (b) (1/2)	Magasmar t (Brehy) (1/1)		Diszel- Hajagoshe gy) (9/25)	Hegyesd (7/7)	Diszel- Hajagoshe gy) (3/25)	Kovácsi- hegy (10/11)
Haláp (b) (1/2)		Diszel- Hajagoshe gy) (1/25)	Hegyestű (2/2)	Sitke- Hercseghe gy (8/8)	Sitke- Gérce (2/3)	Gulács (2/14)	Szigliget (5/5)	Gulács (11/14)	Uzsa (2/9)
Halomheg y (2/2)		Steinberg (2/5)	Kissomlyó (1/7)	Sümegprá ga (1/16)		Sitke- Gérce (1/3)		Kapolcs (1/1)	
Sarata (1/1)		Sümegprá ga (1/16)	Selmecbán ya (1/1)			Uzsa (6/9)		Kissomlyó (4/7)	
Sümegprá ga (3/16)								Kovácsi- hegy (1/11)	
								Sümegprá ga (11/16)	

Kőzetkémiai elemzések összefoglalása:

A teljes-kőzet kémiai elemzések alapján a régészeti leletek nyersanyagához legközelebb álló geológiai lelőhelyek:

 bazalt, 1. változat: Hegyestű, a Haláp bázisosabb összetételű részei (Balaton-felvidék); Kissomlyó (Kisalföld); Selmecbánya (Közép-Szlovákia),

- bazalt, 2. változat: Badacsony, Diszel (Hajagoshegy), Halom-hegy, a Haláp bázisosabb összetételű részei, Sümegprága (Prágahegy) (Balaton-felvidék); Sarata (Persányi-hegység, Románia), Steinberg (Grazi-Medence, Ausztria).

Ásványkémiai elemzési eredmények értelmezése

régészeti leletekről készült elektron-А eredményeit mikroszondás elemzések összehasonlítottuk a fiatal bazaltos kőzetekről készült, irodalomban eddig közölt elemzések eredményeivel. teljes elemzések А kémiai eredményei kiválasztott geológiai alapján lelőhelyek bazaltos kőzeteinek csak egy részéről állnak rendelkezésre ásványkémiai elemzések (Hegyestű, Haláp, Steinberg, Selmecbánya, valamint a közeli csoportokból Uzsa; a halápi mérések a savanyúbb kőzetváltozat ásványaiból készültek) (Dobosi et al. 1991, Embey-Isztin & Dobosi 2007, Sági 2008, Kóthay 2009).

Összehasonlításképpen figyelembe vettünk egyéb geológiai lelőhelyekről az irodalomban megjelent elemzési eredményeket is (Pál-hegy (Pauliberg), Stradner Kogel, Klöch, Kapfenstein, Sághegy, Sitke-Gérce, Füzes-tó, Bondoró-hegy, Szentgyörgyhegy, Szigliget, Szentbékkálla, Eresztvény, Salgóvár, Pécskő, Ajnácskő, Szilváskő, Magasmart (Brehy), Bolgárom (Bulhary), Sáromberke (Barc) (Poultidis & Scharbert 1986, Dobosi et al. 1991, Dobosi 1989, Embey-Isztin & Dobosi 2007, Sági 2008, Sági et al. 2008, Sági et al. 2010, Kóthay 2009, Jankovics et al. 2009, Jankovics et al. 2010).

Olivin

А régészeti leletekről készült elektronmikroszondás elemzéseket (olivin fenokristályok magjának és szegélyének, köpenyeredetű olivin xenokristályok és az alapanyagban található olivin kristályok összetétele, 8. táblázat) összehasonlítottuk a fiatal bazaltok olivinjeinek összetételéről a közelmúltban megjelent elemzések adataival (Dobosi et al. 1991, Embey-Isztin & Dobosi 2007, Sági 2008, Sági et al. 2008, Sági et al. 2010, Kóthay 2009, Jankovics et al. 2009, Jankovics et al. 2010).

Az eredményeket diagramokon ábrázoltuk (kalcium-tartalom és forsterit-molekula-tartalom; a xenokristály-elemzéseket elkülönítve).

		SiO ₂	FeO	MnO	NiO	MgO	CaO	total	Si	Fe	Mn	Ni	Mg	Ca	Fo (%)
		39,85	12,89	0,20	0,16	47,39	0,37	100,86	0,985	0,266	0,004	0,003	1,746	0,010	87,00
	olivin mag	39,69	15,32	0,32	0,11	44,65	0,21	100,30	0,997	0,321	0,007	0,002	1,671	0,006	84,00
bazalt		39,67	14,05	0,27	0,12	46,22	0,28	100,61	0,988	0,292	0,006	0,002	1,716	0,007	85,00
1		39,22	19,26	0,36	0,08	41,24	0,44	100,60	1,001	0,410	0,008	0,002	1,567	0,012	79,00
	olivin szegély	39,29	19,69	0,70	0,07	41,00	0,29	101,04	1,001	0,418	0,015	0,001	1,556	0,008	78,00
		39,54	19,20	0,34	0,09	42,18	0,31	101,66	0,997	0,404	0,007	0,002	1,584	0,008	79,00
bazalt 2a		39,67	14,24	0,30	0,09	44,97	0,34	99,61	0,999	0,299	0,006	0,002	1,686	0,009	85,00
		39,64	14,47	0,40	0,20	46,48	0,15	101,34	0,983	0,299	0,008	0,004	1,718	0,004	85,00
	olivin mag	39,34	15,14	0,10	0,15	45,59	0,28	100,60	0,985	0,316	0,002	0,003	1,701	0,008	84,00
		39,07	15,29	0,34	0,23	44,22	0,39	99,54	0,991	0,324	0,007	0,005	1,671	0,011	83,00
		39,53	14,79	0,28	0,38	44,43	0,19	99,60	0,999	0,312	0,006	0,008	1,672	0,005	84,00
	olivin szegély	36,69	33,73	0,88	0,28	28,86	0,55	100,99	1,005	0,771	0,020	0,006	1,177	0,016	60,00
	olivin (alapanyag)	39,08	16,70	0,31	0,11	43,57	0,14	99,91	0,992	0,354	0,007	0,002	1,648	0,004	82,00
		40,89	9,95	0,16	0,57	49,49	0,00	101,06	0,995	0,202	0,003	0,011	1,794	0,000	90,00
	olivin (xenokristály)	40,63	9,27	0,08	0,04	48,80	0,15	98,97	1,003	0,191	0,002	0,001	1,796	0,004	90,00
		40,45	9,53	0,00	0,41	49,36	0,07	99,82	0,994	0,195	0,000	0,008	1,807	0,002	90,00
		39,13	13,38	0,19	0,36	45,59	0,02	98,67	0,992	0,283	0,004	0,007	1,721	0,001	86,00
		39,86	13,69	0,27	0,53	46,13	0,05	100,53	0,993	0,285	0,006	0,011	1,712	0,001	86,00
		38,64	18,99	0,41	0,00	41,07	0,20	99,31	0,998	0,041	0,009	0,000	1,580	0,006	79,00
	olivin mag	38,54	19,60	0,43	0,00	41,15	0,09	99,81	0,993	0,422	0,009	0,000	1,580	0,002	79,00
		37,39	22,54	0,74	0,01	38,45	0,33	99,46	0,985	0,495	0,017	0,000	1,509	0,009	75,00
		38,37	24,09	0,56	0,00	38,30	0,34	101,66	0,992	0,520	0,012	0,000	1,475	0,009	73,00
bazalt 2b		37,81	20,92	0,35	0,11	39,95	0,47	99,61	0,985	0,455	0,008	0,002	1,551	0,013	77,00
		36,89	27,86	0,56	0,00	33,18	0,45	98,94	1,001	0,631	0,013	0,000	1,341	0,013	68,00
	olivin szegély	38,40	23,02	0,56	0,35	37,62	0,34	100,29	1,003	0,502	0,012	0,007	1,464	0,010	74,00
		36,96	27,76	0,61	0,32	34,55	0,51	100,71	0,986	0,618	0,014	0,007	1,374	0,015	68,00
		37,16	26,57	0,55	0,29	34,48	0,64	99,69	0,996	0,594	0,013	0,006	1,377	0,018	69,00
	olivin (alapanyag)	37,12	27,69	0,68	0,30	34,81	0,44	101,04	0,987	0,614	0,015	0,006	1,378	0,013	69,00
	(37,31	28,46	0,66	0,00	34,70	0,47	101,60	0,988	0,629	0,015	0,000	1,368	0,013	68,00

Table 8. Results of EPMA (I.): archaeological finds, olivines. (Notations: mag: core, szegély: rim, alapanyag: groundmass, xenokristály: xenocryst)

Terjedelmi okokból ezen ábrák többségét szintén a mellékletben szerepeltetjük (melléklet 36-47. ábra), a nyersanyagok származási helyének beazonosításához legnagyobb segítséget nyújtó diagramokat azonban a cikkben is bemutatjuk. Meg kell jegyeznünk, hogy a teljes kémiai elemzések eredményei alapján kiválasztott geológiai lelőhelyek bazaltos kőzeteinek csak egy részéről állnak rendelkezésre ásványkémiai elemzések (Hegyestű, Haláp, Steinberg, Selmecbánya, valamint a többváltozós adatelemzéssel felállított csoportosításban a régészeti leletekhez közel eső csoportokból: Uzsa - melléklet 36. ábra; a halápi mérések a savanyúbb kőzetváltozat ásványaiból készültek).

Az első bazalt-változatban található olivin összetétele a Hegyestű bazaltjában előforduló olivin

elemzési adataihoz hasonlít a legjobban (mind a magokon, mind a szegélyeken mért összetételek a geológiai mintákon mért értékek tartományába esnek, 16. ábra, melléklet 37. ábra). A Haláp (és szegélye magnéziumban Uzsa) olivinjeinek szegényebb, mint az első bazalt-változat olivinjeinek szegélye, emellett ki kell emelni, hogy a Haláp (és Uzsa, valamint Sáromberke (Barc) és Ság-hegy) kőzeteiben az olivin az alapanyagban is megjelenik (melléklet 38, 44, 46. ábra). A steinbergi olivin-magok és -szegélyek összetétele nagyon hasonlít az első bazalt-változat olivinjeihez, magnézium-tartalom alapján azonban a magok és szegélyek nem különülnek el olyan élesen egymástól, mint az első bazalt-változat olivinjei (és a hegyestűi, halápi olivinek) esetében (melléklet **39.** ábra).

CaO - Fo (bazalt 1. változat, Hegyestů)



16. ábra: Ásványkémia. Olivinek CaO-tartalma a forsterit-molekula-tartalom függvényében. (Régészeti leletek, 1. bazalt-változat; Hegyestű) (Jelölések: mag: fenokristály magja, szegély: fenokristály szegélye, aa: alapanyag)

Fig. 16.: Mineral-chemistry. CaO-concentration (wt%) as a function of forsterite-content of olivines. (Archaeological finds, basalt, 1st-type; Hegyestű) (Notations: mag: phenocrysts core, szegély: phenocrysts rim, aa: groundmass)





17. ábra

Ásványkémia. Olivinek CaO-tartalma a forsterit-molekula-tartalom függvényében. (Régészeti leletek, 2. bazaltváltozat; Haláp, Uzsa) (Jelölések: mag: fenokristály magja, szegély: fenokristály szegélye, aa: alapanyag)

Fig. 17.

Mineral-chemistry. CaO-concentration (wt%) as a function of forsterite-content of olivines. (Archaeological finds, basalt, 2nd-type; Haláp, Uzsa) (Notations: mag: phenocrysts core, szegély: phenocrysts rim, aa: groundmass)



18. ábra: Ásványkémia. Titánaugitok Ti-tartalma az Al-tartalom függvényében. (Régészeti leletek; Hegyestű, Haláp) (Jelölések: mphc: fenokristály, mikrofenokristály, gm: alapanyag)

Fig. 18.: Mineral-chemistry. Ti-content as a function of Al(total)-content of titanaugites. (Archaeological finds; Hegyestű, Haláp) (Notations: mphc: phenocrysts, microphenocrysts, gm: groundmass)

Selmecbányáról csak egy-egy reprezentatív mag és szegély-összetétel állt rendelkezésre, ezek meglehetősen hasonlítanak az első bazaltváltozat olivinieinek összetételére. bár а szegélv magnézium-szegényebb, mint az első bazaltváltozatból vizsgált régészeti minta olivinjeinek szegélye (melléklet 39. ábra). Stradner Kogel, Klöch és Kapfenstein lelőhelyekről az adatok a magnéziumban, illetve vasban leggazdagabb mért olivinek összetételét jelzik (hasonló szélső-értékek szerepelnek Pálhegy és Steinberg feltüntetett értékei között is), ezek alapján mindhárom lelőhely olivinjei igen közel állnak az első bazaltváltozat olivinjeihez (melléklet 45. ábra). Meg kell jegyeznünk, hogy régebbi irodalomban (Poultidis & Scharbert 1986) Klöch lelőhely kőzeteiben az olivin-fenokristályok forsterit-molekula-tartalmát szűkebb tartományban (Fo75-77) mérték.

A második bazalt-változatban található olivinek összetétele ezzel szemben Haláp olivinjeinek összetételi adataihoz hasonlít a legjobban, igaz, a hasonlóság kevésbé áll fenn, mint az első típus és Hegyestű esetében (a régészeti leletek olivinjeinek CaO-tartalma magasabb, különösen a szemcsék szegélyén és az alapanyagban). Uzsa olivinjeinek összetétele is jó egyezést mutat a második bazaltváltozat eredményeivel (**17. ábra, melléklet 40. ábra**). Uzsához hasonlóan az olivin-összetételi értékek jó egyezést mutatnak a második bazaltváltozat értékeivel Sághegy, és Sáromberke (Barc) esetében is (**melléklet 44, 46. ábra**). A többi elemzett geológiai lelőhelyen – a második bazaltváltozattal szemben - az olivin nem jelenik meg az alapanyagban.

A Balaton-felvidék további lelőhelyeinek elemzési értékei közül (melléklet 43. ábra) Füzes-tó és Bondoró-hegy olivinjeinek magnézium-tartalma nagyobb, mint a régészeti leletek nyersanyagában, a Szentgyörgy-hegyi olivineké pedig kisebb.

Selmecbányához hasonlóan csak egy-egy reprezentatív mag, illetve szegély-összetétel állt rendelkezésre Bolgárom (Bulhary), Eresztvény, Szilvás-kő és Magasmart (Brehy) lelőhelyekről (melléklet 46. ábra). Ezek alapján ezek a lelőhelyek nem zárhatók ki a nyersanyagforrások közül, azonban ezeket a lelőhelyeket a teljes-kőzet összetételük alapján már korábban kizártuk (ld. a 4., 6. és 7. táblázatot).

Az olivin-kristályok nikkel-tartalmát ábrázolva a forsterit-molekula függvényében, az eredmények gyakorlatilag azonosak a kalcium-tartalmat ábrázoló diagramok eredményével, de meg kell jegyeznünk, hogy a második bazaltváltozat egyes olivin-kristályainak nikkel-tartalma magasabb, mint a geológiai lelőhelyekről származó összehasonlító mintáké (**melléklet 47. ábra**).

F	7
3	1

9. táblázat: elektron-mikroszondás	(EPMA) eredmények II: régészeti le	eletek, klinopiroxének

Table 7. Results of D1 WIA (11.), alchaeological linus, chilopytoxenes. (Notations, alapanyag, grounun	able 9. Results of EPMA (II.): archaeological finds, clinopyroxenes. (Notations: alapanyag:	groundmass)
---	--	-------------

	bazalt 1 (1)									
	klinopiroxén mikrofenokristály									
SiO ₂	46,06	42,72	42,72	46,84	47,92	54,13	54,23	42,90	52,43	40,03
TiO ₂	2,81	4,12	4,11	2,46	2,47	0,60	0,52	3,72	1,15	5,32
Al ₂ O ₃	7,40	10,55	10,51	6,24	5,41	1,61	0,63	10,68	2,58	12,62
Cr ₂ O ₃	0,37	0,23	0,00	0,00	0,05	0,01	0,12	0,60	0,18	0,00
FeO	6,78	7,54	7,23	7,07	6,44	5,95	6,74	6,71	5,23	7,77
MnO	0,00	0,06	0,00	0,15	0,05	0,08	0,12	0,00	0,00	0,10
MgO	12,83	11,00	11,02	13,38	14,47	16,24	16,57	11,73	15,91	10,45
CaO	22,46	22,98	23,39	22,57	22,75	22,30	21,53	22,66	22,46	22,31
Na ₂ O	0,29	0,62	0,31	0,33	0,51	0,42	0,53	0,57	0,35	0,34
summa	99,00	99,82	99,29	99,04	99,77	101,34	100,99	99,57	100,29	98,94
Si	1,738	1,617	1,622	1,769	1,791	1,962	1,978	1,620	1,920	1,532
Al (IV)	0,262	0,383	0,378	0,231	0,209	0,038	0,022	0,380	0,080	0,468
Al (VI)	0,068	0,088	0,093	0,047	0,029	0,031	0,005	0,095	0,032	0,102
Ti	0,080	0,117	0,117	0,070	0,069	0,016	0,014	0,106	0,032	0,153
Cr	0,011	0,007	0,000	0,000	0,001	0,000	0,003	0,018	0,005	0,000
Fe	0,214	0,238	0,229	0,223	0,201	0,180	0,205	0,211	0,160	0,248
Mn	0,000	0,002	0,000	0,005	0,002	0,002	0,004	0,000	0,000	0,003
Mg	0,721	0,620	0,623	0,753	0,789	0,877	0,900	0,660	0,868	0,596
Ca	0,908	0,932	0,951	0,913	0,911	0,866	0,841	0,917	0,881	0,915
Na	0,021	0,045	0,023	0,024	0,037	0,029	0,037	0,042	0,025	0,025
Al (tot)	0,329	0,471	0,470	0,278	0,238	0,069	0,027	0,475	0,111	0,570
Mg-érték	0,771	0,723	0,731	0,772	0,797	0,830	0,814	0,758	0,844	0,706
Al(VI)/Al(IV)	0,26	0,23	0,25	0,20	0,14	0,82	0,23	0,25	0,40	0,22

	bazalt 1 (folyt)								
			klinopirox	én (alapanyag)				
SiO ₂	46,37	40,71	46,09	53,19	41,59	47,11			
TiO ₂	2,77	4,72	3,06	0,61	4,67	3,11			
Al ₂ O ₃	7,12	11,44	6,75	1,20	11,31	6,42			
Cr ₂ O ₃	0,14	0,47	0,20	0,00	0,15	0,10			
FeO	8,13	7,99	7,12	5,71	7,45	8,03			
MnO	0,19	0,00	0,05	0,22	0,29	0,00			
MgO	12,62	10,79	13,05	16,57	11,01	13,30			
CaO	22,09	22,41	22,50	22,45	22,42	22,38			
Na ₂ O	0,20	0,54	0,26	0,49	0,57	0,48			
summa	99,63	99,07	99,08	100,44	99,46	100,93			
Si	1,747	1,560	1,742	1,951	1,581	1,752			
Al (IV)	0,253	0,440	0,258	0,049	0,419	0,248			
Al (VI)	0,063	0,077	0,043	0,003	0,088	0,034			
Ti	0,078	0,136	0,087	0,017	0,133	0,087			
Cr	0,004	0,014	0,006	0,000	0,005	0,003			
Fe	0,256	0,255	0,225	0,175	0,236	0,249			
Mn	0,006	0,000	0,002	0,007	0,009	0,000			
Mg	0,708	0,616	0,735	0,905	0,624	0,737			
Ca	0,892	0,920	0,911	0,882	0,913	0,892			
Na	0,015	0,040	0,019	0,035	0,042	0,035			
Al (tot)	0,316	0,517	0,301	0,052	0,507	0,281			
Mg-érték	0,734	0,707	0,766	0,838	0,726	0,747			
Al(VI)/Al(IV)	0,25	0,18	0,17	0,06	0,21	0,14			

9. táblázat, folyt.

Table 9. cont.

	bazalt 2a						bazalt 2b					
	klinopiroxén (alapanyag)						klinopiroxén (alapanyag)					
SiO ₂	45,04	44,85	47,13	47,31	44,86	44,01	46,62	47,42	45,62	47,44	44,38	46,29
TiO ₂	3,93	3,60	2,69	2,49	3,59	4,12	2,97	2,73	3,28	2,44	3,72	2,93
Al ₂ O ₃	8,73	8,38	5,65	5,93	8,37	9,22	6,54	6,24	7,60	5,97	7,59	7,21
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,21	0,00	0,22	0,00	0,17	0,00	0,05	0,00	0,07	0,05
FeO	7,68	8,44	7,50	7,58	8,01	8,13	7,05	7,99	7,65	7,57	8,01	7,64
MnO	0,03	0,34	0,14	0,06	0,07	0,13	0,13	0,00	0,03	0,00	0,11	0,00
MgO	12,13	11,34	12,94	13,10	11,77	11,26	12,48	12,80	12,31	13,27	11,72	12,17
CaO	23,02	22,57	22,72	22,35	22,36	22,64	22,43	22,29	22,20	22,33	22,51	22,59
Na ₂ O	0,58	0,52	0,62	0,70	0,73	0,58	0,43	0,57	0,64	0,57	0,57	0,53
summa	101,16	100,04	99,60	99,52	99,98	100,09	98,82	100,04	99,38	99,59	98,68	99,41
Si	1,677	1,694	1,777	1,781	1,692	1,661	1,765	1,777	1,723	1,783	1,699	1,747
Al (IV)	0,323	0,306	0,223	0,219	0,308	0,339	0,235	0,223	0,277	0,217	0,301	0,253
Al (VI)	0,060	0,067	0,028	0,044	0,064	0,071	0,057	0,052	0,062	0,047	0,041	0,067
Ti	0,110	0,102	0,076	0,070	0,102	0,117	0,084	0,077	0,093	0,069	0,107	0,083
Cr	0,001	0,000	0,006	0,000	0,007	0,000	0,005	0,000	0,001	0,000	0,002	0,001
Fe	0,239	0,266	0,236	0,238	0,252	0,256	0,223	0,250	0,241	0,237	0,256	0,241
Mn	0,001	0,011	0,004	0,002	0,002	0,004	0,004	0,000	0,001	0,000	0,004	0,000
Mg	0,673	0,638	0,727	0,735	0,661	0,633	0,704	0,714	0,693	0,743	0,668	0,684
Ca	0,918	0,913	0,918	0,901	0,903	0,915	0,910	0,895	0,898	0,899	0,923	0,913
Na	0,042	0,038	0,045	0,051	0,053	0,042	0,032	0,041	0,047	0,041	0,042	0,039
Al (tot)	0,383	0,373	0,251	0,263	0,372	0,410	0,292	0,276	0,338	0,264	0,342	0,321
Mg-érték	0,738	0,706	0,755	0,755	0,724	0,712	0,759	0,741	0,742	0,758	0,723	0,739
Al(VI)/Al(IV)	0,19	0,22	0,13	0,20	0,21	0,21	0,24	0,23	0,22	0,22	0,14	0,26

Klinopiroxén

A régészeti leletekről készült elektronmikroszondás elemzéseket (klinopiroxén fenokristályok és az alapanyagban található klinopiroxén kristályok összetétele, **9. táblázat**) szintén összehasonlítottuk a fiatal bazaltok klinopiroxénjeinek összetételével, a közelmúltban megjelent irodalomban szereplő elemzések adatai alapján (Dobosi 1989, Dobosi et al. 1991, Kóthay 2009, Jankovics et al. 2009).

A régészeti leletek anyagában a klinopiroxén csoportot csak titánaugit-kristályok képviselik az alapanyagban (valamint az első bazalt-változatban mikrofenokristályként is titánaugit fordul csak elő).

A klinopiroxének legfontosabb jellemzőit az alábbiakban foglaljuk össze:

A régészeti leletek anyagában (első és második bazalt-változat) előforduló klinopiroxének TiO₂tartalma 0,52-5,32 % között, Al₂O₃-tartalma 0,63-12,62 % között változik.

Mindkét bazalt-változat klinopiroxénjeinek titánalumínium-arányai jól illeszkednek az 1:4 egyenesre (**18. ábra, melléklet 48. ábra**). Ez az arány jellemző a Balaton-felvidéki bazaltokban megjelenő titánaugit-kristályokra (Dobosi 1989), és a Grazi-medence bazaltjainak alapanyagában és mikrofenokristályként megjelenő klinopiroxénekre (Dobosi et al. 1991). A nógrádi bazaltok titánaugitjai között az 1:4-aránynál kisebb értékek is nagy számban megfigyelhetők (egészen 1:8arányig) (Dobosi 1989), a Pál-hegy (Pauliberg) bazaltjaiban pedig magasabb (1:3, 1:2) arány jellemző (Dobosi et al. 1991).



Cr2O3-Al2O3 (spinell, titanomagnetit, ilmenit)

19. ábra: Ásványkémia. Spinellek, titanomagnetitek, ilmenitek Cr₂O₃-tartalma az Al₂O₃-tartalom függvényében. (Régészeti leletek, geológiai lelőhelyek) (Jelölések: sp_ol: spinell zárvány olivinben, sp_smi: spinell szilikátolvadék zárványban, sp_xenocr: spinell olivin xenokristályban, timt_mphc: titanomagnetit mikrofenokristály, timt_aa: titanomagnetit az alapanyagban, timt_ol: titanomagnetit zárvány olivinben, timt_ilm_aa_ titanomagnetit és ilmenit az alapanyagban)

Fig. 19.: Mineral-chemistry. Cr_2O_3 -content (wt%) as a function of Al_2O_3 -content (wt%) in spinel, titanomagnetite and ilmenite. (Archaeological finds, geological localities) (Notations: sp_ol: spinel inclusion in olivine, sp_smi: spinel in silicate melt inclusion, sp_xenocr: spinel inclusion in olivine xenocryst, timt_mphc: titanomagnetite as a microphenocryst, timt_aa: titanomagnetite in the groundmass, timt_ol: titanomagnetite inclusion in olivin, timt_ilm_aa: titanomagnetite and ilmenite in the groundmass)

A régészeti leletek klinopiroxénjeinek magnéziumszáma (0,71-0,84) is a Pannon-medence fiatal bazaltjaira jellemző tartományba (0,69-0,86, Dobosi 1989) esik, és ezekhez ugyancsak hasonlóan a titán-, illetve alumínium-tartalom növekedésével a magnézium-szám csökken (Dobosi 1989, Dobosi et al. 1991) (melléklet 49. ábra).

A zónás mikrofenokristályokban a magtól a külső zónák felé az alumínium-, titán- és vastartalom növekszik, míg a szilícium- és magnézium-tartalom csökken, csakúgy, mint a Balaton-felvidéki bazaltokban általában (Dobosi 1989). Az Al^{VI}/Al^{IV}- arány a vizsgálat minták klinopiroxénjeiben uralkodóan 0,06-0,40 között változik (mindössze egy mikrofenokristályban mértünk 0,82-es arányt), az átlagérték 0,20 (a kiugró érték figyelembe vételével 0,22). Ezek az értékek egybeesnek a Balaton-felvidéki bazaltok piroxénjeire jellemző Al^{VI}/Al^{IV} értékekkel (arány: 0,04-0,57 között, átlag:

0,29, Dobosi 1989). A nógrádi bazaltokra jellemző Al^{VI}/Al^{IV} értékek magasabbak (arány: 0,40-1,02 között, átlag: 0,60, Dobosi 1989), a Grázi-medence és Pálhegy (Burgenland) bazaltjaira azonban a Balaton-felvidékihez hasonló, alacsony értékek a jellemzőek, kivéve Stradner Kogel lelőhelyet, ahol a nógrádi bazaltoknál is magasabb értékek jellemzőek (Dobosi et al. 1991).

A klinopiroxének összetétele alapján tehát a régészeti leletek nyersanyaga a Balaton-felvidéki és a Grázi-medencei bazaltok közül is kikerülhetett. A nógrádi és burgenlandi vizsgált lelőhelyek (és a Grazi-medencéből Stradner Kogel) klinopiroxénjeinek összetétele eltér a régészeti leletekben mért értékektől. Azonban az egyes Balaton-felvidéki, illetve Grazi-medencei lelőhelyek között a klinopiroxének összetétele alapján nem tudtunk a régészeti leletek nyersanyageredete szempontjából további különbséget tenni.

Földpátok

A régészeti leletek anyagát adó bazaltváltozatokban az alapanyag plagioklászainak összetétele egymáshoz nagyon hasonló (1. változat: An_{56,4}-An_{66,5}; 2. változat: An_{58,2}-An_{62,2}).

A geológiai minták közül a hegyestűi bazalt alapanyagában a plagioklászok valamivel ($An_{62,3}$ - $An_{69,2}$), a mikrofenokristályként megjelenő földpátok még inkább ($An_{71,2}$ - $An_{71,7}$) bázisosabbak (Kóthay 2009), mint az elemzett régészeti leleteké.

Ugyancsak bázisosabbak a Prága-hegy (Sümegprága) felsőbb részein megjelenő, durvább szemcséjű bazalt alapanyagának plagioklászai (An₆₀₋₇₅), valamint a Sarvaly-hegy (Sümegprága) bazaltjának alapanyagában megjelenő, labradoritosbytownitos plagioklászok (An₆₀₋₇₄) (Jugovics 1959b).

A Haláp savanyúbb összetételű bazaltjain végzett mérések alapján az alapanyagban megjelenő plagioklászok összetétele változatosabb (An_{41,8}-An_{94,8}, a két kiugró értéket (1-1 db mérés) elhagyva: An_{46,1}-An_{64,7}) (Kóthay 2009).

A steinbergi bazalt-minták alapanyagában a plagioklászok összetétele a halápiakéhoz hasonló, szélesebb tartományban mozog (An₄₆-An₇₆). (Dobosi et al. 1991)

A klöchi nefelinbazanit alapanyagában megjelenő plagioklász labradoritos összetételű (An₅₄-An₆₀) (Poultidis & Scharbert 1986).

Pál-hegy (Pauliberg) vizsgálat bazaltjaiban a plagioklászok összetétele változatos, a régészeti leletek anyagában megjelenő plagioklászoknál lényegesen savanyúbb kristályok is megjelennek (An₂₀-An₆₅). (Dobosi et al. 1991)

A Füzes-tói bazaltok plagioklászaira a régészeti leletek anyagához hasonló összetétel jellemző $(An_{62}-An_{65})$ (Jankovics et al. 2009)

A Ság-hegyi plagioklászok összetétele a régészeti leletek anyagában megjelenő plagioklászokénál savanyúbb (An₄₀-An₅₃). (Mauritz & Harwood 1937).

Alkáli-földpát a régészeti leletek nyersanyagában csak a kéreg-zárvány körüli reakció-szegélyben jelenik meg (An₁Ab₃₀Or₆₉), az alapanyagban nem.

A Balaton-felvidék bazaltos kőzeteiből szanidint írtak le a Szebikéről (plagioklászra növekedett szanidin-burok; Mauritz 1948), és a Badacsonyból ("repedésekben, morzsás tömegekben"; Mauritz, 1948).

Vitális "nátronmikroklint vagy nátronortoklászt" írt le az alábbi, az általa felállított csoportosításban a "magnetites ilmenites nefelines bazanitoid" csoportba sorolt lelőhelyeknél: Szigliget, Hegyes, Csobánc, Köves-hegy, Bondoró-hegy, KirálykőFekete-hegy északi része (a Kecske-hegy és a Kálomis-tó vidéke), Tátika-Lázi csoport, Fertőshegy, Szebike alja, Tátika alja, Sümegprága (bazaltbánya), Sarvaly-hegy, Szentgyörgy-hegy (Apáti felé néző része), Tóti-hegy (Káptalantóti), Tik-hegy, Oláh-hegy, Nyires, Somlyó északi része, valamint a Balaton déli partján Fonyód (Vitális 1904).

A Kisalföldről a Ság-hegy kőzeteiből az alapanyag plagioklászait "burkoló" szanidint, valamint anortoklászt írtak le (Mauritz & Harwood 1937).

A Grazi-medence és Burgenland bazaltjai között a steinbergi és klöchi kőzetekben mutattak ki az alkáli-földpátokat: alapanyagban anortoklászt (Ab₅₆Or₃₉An₅) és szanidint (Ab₃₂Or₆₄An₄) a steinbergi nefelinitben (Poultidis & Scharbert Ab₆₀Or₄₀-Ab₅₀Or₅₀-összetételű 1986): alkáliföldpátokat a steinbergi nefelinbazanitban (Dobosi et al. 1991); szanidint a klöchi nefelinbazanitban (Poultidis & Scharbert 1986). A Pál-hegy kőzeteiben a szanidin önállóan és plagioklászt "burkolva" is megjelenik, valamint plagioklásszal és/vagy szanidinnel összenőtt anortoklász is előfordul (Mauritz 1948).

Leucit

Az első bazalt-változat alapanyagában előforduló leucit összetétele (K₂O (m%): 20,64-20,98; Al₂O₃ (m%): 23,02-23,62; SiO₂ (m%): 54,2,4-56,11) igen közel áll az ideális leucit-összetételhez (Kubovics 1993). Ezzel gyakorlatilag megegyező összetételű leucit-szemcsék találhatók a Hegyestű bazaltjának alapanyagában is (K₂O (m%): 19,61-21,50; Al₂O₃ (m%): 22,75-23,57; SiO₂ (m%): 54,82-55,78) (Kóthay 2009). Az egyetlen apró különbség az, hogy míg a hegyestűi leucitba igen kis mennyiségben vas és nátrium épült be (Kóthay 2009), addig a régészeti leletek anyagában található leucitba a vas és nátrium mellett szintén igen kis mennyiségben (0,10-0,49 % CaO) kalcium is (meg kell jegyeznünk, hogy Kóthay nem mérte a leucit kalcium-tartalmát (Kóthay 2009)).

Az első bazalt-változathoz teljes-kémiai összetétel, illetve olivin-, klinopiroxén-összetétel alapján hasonló geológiai lelőhelyek kőzetei (Haláp, Steinberg, Klöch) nem tartalmaznak leucitot (Dobosi et al. 1991, Sági 2008, Kóthay 2009).

Irodalmi leírások szerint leucit előfordul a Somló (Mauritz 1948) és a Badacsony bazaltjában is ("üvegszerű alapanyag módjára tölti ki a hézagokat" Mauritz 1948), Fenyvestetőn üregkitöltő-ásványként (Mauritz 1948), ezek modern, elektron-mikroszondás elemzése azonban eddig még nem történt meg.

Spinell

A második bazalt-változat olivin-xenokristályában zárványként megjelenő króm-spinell összetétele

leginkább a halápi bazaltban néhány olivinkristályban zárványként megjelenő spinell és a Füzes-tói bazaltban néhány xenokristályként megjelenő spinell összetételére hasonlít. (**19. ábra, melléklet 50-53. ábra**)

A halápi bazalt olivin-kristályaiban zárványként megjelenő spinellek összetétele változatos, (Kóthay 2009), csakúgy, mint a Füzes-tói bazalt spinellxenokristályainak összetétele (Jankovics et al. 2009).

Az uzsai bazaltban olivin-kristályban zárványként megjelenő spinellek összetétele a halápi hasonló helyzetben megjelenő spinellek változatos összetételi tartományában mozog, króm-, magnézium- és alumínium-tartalmuk alacsonyabb, mint a második bazaltváltozat króm-spinelljein mért értékek (Sági 2008, Kóthay 2009).

hegyestűi bazaltban olivin-kristályban А zárványként megjelenő spinellek összetétele szintén változatos, de króm-tartalmuk alacsonyabb, alumínium-tartalmuk magasabb, mint a második bazaltváltozat króm-spinelljein mért értékek (Kóthay 2009). A füzes-tói bazalt spinellxenokristályainak összetétele is hasonló tartományban változik, és a füzes-tói bazalt olivinkristályaiban zárványként megjelenő spinellek összetétele is a hegyestűi hasonló megjelenésű spinellek összetételi tartományába esik (Jankovics et al. 2009).

A Pál-hegyi (paulibergi) spinell-zárványok magnézium- és alumínium-tartalma alacsonyabb, vas-tartalma magasabb, mint a második bazaltváltozat króm-spinelljein mért értékek (Sági 2008).

A steinbergi spinell-zárványok króm-tartalma alacsonyabb, vas-tartalma magasabb, mint a második bazaltváltozat króm-spinelljein mért értékek, míg az alumínium- és magnézium-tartalom egyes esetekben megközelíti a második bazaltváltozat króm-spinelljein mért értékeket (Sági 2008).

A Ság-hegyi spinell-zárványok alumínium- és magnézium-tartalma alacsonyabb, vas-tartalma magasabb, mint a második bazaltváltozat krómspinelljein mért értékek (Sági 2008).

Opak ásványok (titanomagnetit, magnetit, ilmenit)

Opak ásványszemcsék változatos méretben és szöveti helyzetben találhatók a régészeti leletek és a geológiai lelőhelyekről származó minták anyagában. A régészeti leletek nyersanyagában mikrofenokristályként (első bazalt-változat), olivinben önálló zárványként és összetett zárvány részeként (második bazalt-változat), valamint az alapanyagban (mindkét bazalt-változat) megtalálhatók titanomagnetit-kristályok.

Összetételük nagyon hasonló (melléklet 50-53. ábra), bár az első bazalt-változat opak-szemcséinek titán-tartalma alacsonyabb, magnézium-tartalma magasabb a második-változat opak-szemcséinek megfelelő értékeinél, és az első változat mikrofenokristályában a króm-tartalom is meghaladja a 2%-ot (szemben a többi titanomagnetit 0,7% alatti értékeivel).

összetételű titanomagnetitek Hasonló megtalálhatóak az összes fentebb már említett geológiai lelőhely alapanyagában (Sági 2008, Kóthay 2009, Jankovics et al. 2009), egyetlen kivétel a Pál-hegy (Pauliberg), amely esetében az alapanyag titanomagnetitjeinek vas-tartalma magasabb (Sági 2008). Ugyancsak hasonló összetételű titanomagnetitek a halápi bazaltban olivin zárványaként is megjelennek (csakúgy, mint a régészeti leletek nyersanyagának második változatában) (Kóthay 2009).

A Füzes-tói bazalt alapanyagában magnetit (FeO: 80,42-81,25%, TiO₂: 0,35-0,53%) is előfordul (Jankovics et al. 2009).

Haláp, Ság-hegy és Pál-hegy (Pauliberg) bazaltjának alapanyagában pedig a titanomagnetit mellett ilmenit is előfordul (TiO₂: 49,09-51,65% (Haláp, Kóthay 2009); 49,35-52,98% (Ság-hegy, Sági 2008); 50,21-50,62% (Pál-hegy), Sági 2008).

Xenolitok

Köpeny-eredetű olivin-xenokristályok (valamint ortopiroxén- és spinell-xenokristályok), ezen kívül kéregeredetű kvarcit zárványok több lelőhelyen is előfordulnak (pl. Badacsony (Mauritz 1948), Füzestó (Jankovics et al. 2009), Hajagos (Diszel) (Mauritz 1958), Haláp (Mauritz 1937, 1958, Kóthay 2009), Hegyestű (Kóthay 2009), Kálomistó környéke (Királykő-Fekete-hegy északi része) (Vitális 1904), Kovácsi-hegy (Mauritz 1931), Sághegy (Mauritz & Harwood 1937, Sági 2008), Sátormál (Vitális 1904), Szentgyörgy-hegy (Kónya 2009), Uzsa (Mauritz 1958, Sági 2008))

Kéreg-eredetű kvarcit-zárványok reakciókoronáját a Bárna közelében található Nagykő (Nógrád) és Hegyestű (Balaton-felvidék) lelőhelyek bazaltjaiban vizsgálták részletesen. A nógrádi lelőhelyre jellemző, hogy a xenolitok reakciókoronája diopszid-kristályokból (és alárendelt mennyiségű kőzetüvegből) áll, míg a hegyestűi xenolitok reakciókoronájában elkülöníthető egy kőzetüveg- és egy klinopiroxén-zóna. Egyik lelőhelyen sem tartalmaznak a reakciókoronák alkáli-földpátot (Kovács et al. 2003, Kóthay 2009).

További diszkusszió (ásványos összetétel és szövet)

Az alábbiakban az ásványkémiai fejezetben részletesen elemzett geológiai lelőhelyek rövid mikroszkópos (ásványos összetételi, illetve szöveti) leírásait gyűjtöttük egybe, kiegészítve azon geológiai lelőhelyek leírásaival, amelyekről nem álltak rendelkezésre részletes ásványkémiai elemzések, de teljes-kőzet-összetétel alapján a régészeti leletek nyersanyagaként szóba jöhetnek. Terjedelmi okokból a lelőhelyek többségénél igyekeztünk csak a geológiai lelőhelyekről származó bazaltos kőzetek ásványos összetételében és szövetében a régészeti leletek nyersanyagához képest fennálló különbségekre kitérni (a hasonlóságokra tehát – pl. iddingzitesedett szegélyű olivin-fenokristályok – itt nem térünk ki).

A rendelkezésre álló polarizációs mikroszkópos leírások alapján a hegyestűi bazalt szöveti képe nagyon hasonló az első bazalt-változatéhoz:

- a fenokristályok nagy része olivin, méretük és megjelenésük (0,2-1 mm-es átlagméret, egyes szemcsék elérhetik a 3 mm-t is, nagy részük idiomorf, általában önállóan jelennek meg, de kumulátumok is előfordulnak) megegyezik az első bazalt-változat olivinjeivel,

- fenokristályként megjelenik klinopiroxén is, de mérete kisebb mint az olivineké (legfeljebb 1 mm), idiomorf, hipidiomof megjelenésűek, összetételük alapján titánaugitok,

- az alapanyagban plagioklász és klinopiroxén mellett opakásványok (titanomagnetit) mellett leucit (és alárendelt mennyiségben apatit) is megjelenik. (Kóthay 2009)

A halápi bazalt szöveti képe nagyon hasonló a második bazalt-változatéhoz:

- fenokristályként szinte csak olivin található, méretük és megjelenésük (0,2-1,5 mm-es átlagméret, egyes szemcsék elérhetik a 4 mm-t is, idiomorf, hipidiomorf megjelenésűek, általában önállóan jelennek meg, de kumulátumok is előfordulnak) megegyezik a második bazaltváltozat olivinjeivel,

- az alapanyagban plagioklász és klinopiroxén mellett kevés olivin, sok opakásvány (magnetit, titanomagnetit, kevés ilmenit) jelenik meg.

Fontos eltérés az ilmenit jelenléte (Vitális 1904, Kóthay 2009), és az, hogy a halápi minták alapanyaga teljesen kristályos, míg a második bazalt-változat alapanyaga kevés (kevesebb, mint 10%) kőzetüveget is tartalmaz.(Jugovics 1959a, Kóthay 2009). A halápi savanyúbb összetételű bazalt teljes-kőzet-összetétel alapján is kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Uzsa szöveti kép és ásványos összetétel (Sági 2008) alapján nem, de teljes-kőzet-összetétel és ásványkémiai elemzés alapján kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Stradner Kogel: a kőzet fenokristályként klinopiroxént tartalmaz, mikrofenokristályként

klinopiroxént és nefelint (Dobosi et al. 1991). Alapanyagában klinopiroxén mellett nefelin, haüyn és opakásványok vannak jelen (Poultidis & Scharbert 1986). Nemcsak petrográfiailag, hanem teljes-kőzet-összetétel alapján is kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Steinberg (nefelinbazanit): a fenokristályok között olivin és klinopiroxén is megjelenik, utóbbiak mérete megegyezik az olivinekével. Mikrofenokristályként klinopiroxén és plagioklász megjelenik. Holokristályos alapanyagában is klinopiroxén, plagioklász és opakásványok mellett nefelin és alkáli-földpát is megjelenik (Poultidis & Scharbert 1986, Dobosi et al. 1991, Sági 2008). Főként petrográfiai jellemzői alapján (nefelin jelenléte) zárható ki а lehetséges nyersanyagforrások közül.

Steinberg (nefelinit): a fenokristályok között klinopiroxén és olivin is megjelenik, az alapanyagban klinopiroxén, nefelin, alkáli-földpát és opak-ásványok vannak jelen (Poultidis & Scharbert 1986). Főként petrográfiai jellemzői alapján (nefelin jelenléte) zárható ki a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Klöch: a fenokristályok között olivin és klinopiroxén is megjelenik, utóbbiak mérete megegyezik, sőt meghaladja az olivinekét, a nagyméretű klinopiroxén-kristályok magja korrodált (Dobosi et al. 1991). Alapanyagában nefelin, analcim és alkáli-földpát (szanidin) is megjelenik (Poultidis & Scharbert 1986). Nemcsak az ásványos összetétel, hanem teljes-kőzetösszetétel alapján is kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Kapfenstein: hólyagüreges, vitrofiros szövet, a fenokristályok között olivin, klinopiroxén és plagioklász jelenik meg, mikrofenokristályként (10-40 µm) klinopiroxén (Kurat et al. 1980, Dobosi et al. 1991). A többi lelőhelyhez képest nagyon kevés adat áll rendelkezésre (mindössze egy magnéziumés egy vasdús olivin-szélsőértékkel rendelkezünk, egyéb ásványkémiai adat, teljes kőzet kémiai elemzés nem áll rendelkezésre), ezért csak szöveti képe alapján zárható ki а lehetséges nyersanyagforrások közül.

Pál-hegy (Pauliberg): a fenokristályok között szinte csak olivin jelenik meg, méretük nem haladja meg az 1 mm-t. A fenokristályok szegélye gyakran rezorbeált. Az olivin fenokristályok szegélyén néhol kis mennyiségű biotit (illetve flogopit) is megjelenik. Opak-ásványok mikrofenokristályként is megjelennek, olivin-, klinopiroxén- és néhol földpát-zárványokkal. Az alapanyagban titanomagnetit mellett ilmenit is megjelenik. (Dobosi et al. 1991, Sági 2008) Meg kell jegyezzük, hogy korábbi irodalomban közölt mikroszkópos leírás alapján uralkodó elegyrész a plagioklász (akár 3 mm-es fenokristályok is) és a barna augit, valamint önálló kristályként és plagioklászt körülvevő "burokként" is megjelenik szanidin, valamint plagioklásszal és/vagy szanidinnel összenőtt anortoklász. Ritkán nefelin is előfordul. Igen ritkán biotit és amfibol, valamint analcim (főként földpátban zárványként) is található a kőzetben (Mauritz 1948). Az eltérő ásványos összetétel mellett a teljes-kőzet-összetétel alapján is kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Ság-hegy: a fenokristályok között szinte csak olivin jelenik meg. A fenokristályok szegélye gyakran rezorbeált. Nagyon kis mennyiségben biotit és alkáliföldpát is megjelenik az alapanyagban. Az alapanyagban titanomagnetit mellett ilmenit is megjelenik. (Sági 2008) Meg kell jegyezzük, hogy korábbi irodalomban közölt mikroszkópos leírás alapján a Ság-hegy kőzetének "jellemző elegyrésze a biotit" és a plagioklászok gyakran szanidinburokban vannak, valamint anortoklász is előfordul a kőzetben (Mauritz & Harwood 1937). Az eltérő ásványos összetétel mellett a teljes-kőzet-összetétel alapján is kizárható lehetséges а nyersanyagforrások közül.

Füzes-tó: közepesen vagy erőteljesen hólyagüreges szövet, a fenokristályok között az olivin mellett klinopiroxén és plagioklász is megjelenik, mikrofenokristályként olivin, klinopiroxén, plagioklász és opak-ásványok vannak jelen. (Jankovics et al. 2009). Az eltérő ásványos összetétel mellett a teljes-kőzet-összetétel alapján is kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

teljes-kőzet-összetétel alapján Α lehetséges nyersanyagforrásként azonosított lelőhelyek közül néhányról nem állnak rendelkezésre ásványkémiai Irodalomban közölt polarizációs adatok. mikroszkópos leírások alapján azonban az alábbiakban ezen lelőhelyek bazaltos kőzeteinek ásványos összetételét és szövetét is össze tudjuk hasonlítani a régészeti leletek anyagával.

Kissomlyó: A fenokristályok között főként klinopiroxén jelenik meg, kisebb mennyiségű olivinnel, a klinopiroxén-fenokristályok mérete nagyobb, mint az olivin-fenokristályoké. A klinopiroxén-fenokristályok (augitok) erősen zónásak, gyakran sötétbarna, rezorbeált maggal. Az alapanyagban kis méretű, teljesen opacitosodott szemcsék találhatók, amelyek piroxén, vagy amfibol utáni pszeudomorfózaként értékelhetők. (Oláh et al. in press.) Szöveti képe és az említett ásványfázisok megjelenése alapján kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

Badacsony: Az olivin-fenokristályok szerpentinesedtek, alapanyagában leucit ("gyakran üvegszerű alapanyagként tölti ki a hézagokat"), nefelin és analcim is megtalálható. "Lényeges szerepet" játszik a biotit (gyakran szerpentinesedett olivinnel, vagy piroxénnel összenőve jelenik meg, vagy önálló, 100-150 μm-es pikkelyeket alkot). (Mauritz 1948)

Vitális a Badacsonyt az általa felállított csoportosításban a "magnetites ilmenites nefelines bazanitoid" csoportba sorolta (Vitális 1904), amelyben a nefelint önálló kristályként ugyan nem találta meg, "mezosztázisként" igen. Vitális ebben a csoportjában alkáli-földpátot: "nátronmikroklint vagy nátronortoklászt" is leír (Vitális 1904).

Hajagos (Diszel): A biotit "általánosan el van terjedve" (Mauritz 1948). Ez kizárná ezt a lelőhelyet a lehetséges nyersanyag-források közül, azonban Mauritz ugyancsak biotitot ír le a hegyestűi bazaltban ("analcim?" mellett), ugyanakkor azonban biotit jelenlétét a későbbi, korszerűbb műszeres vizsgálatok nem igazolták (Kóthay 2009). (Mindezek alapján Mauritz biotitleírásait csak akkor vettük figyelembe kizáró tényezőként, ha a biotit előfordulását korszerűbb műszeres vizsgálatok is igazolták (pl. Pál-hegy (Pauliberg), Ság-hegy)).

Bár Vitális a Hajagos-hegy kőzeteit tanulmányozta, nem sorolta be egyik általa felállított csoportba sem ("magnetites ilmenites nefelines bazanitoid", "ilmenites magnetites földpátos bazalt", "limburgitoidok: augitos limburgitoid, rombos piroxént tartalmazó limburgitoid, biotitos-amfibolos limburgitoid"), azaz ilmenitet, rombos piroxént, biotitot, amfibolt nem talált a kőzetben (Vitális 1904).

A Halom-hegy (Mencshely) kőzetét Vitális az általa felállított csoportosításban a "biotitos amfibolos limburgitoid" csoportba sorolta, azaz biotitot és amfibolt is talált a kőzetben (Vitális 1904).

Prága-hegy (Sümegprága), alsó, fekete, oszlopos bazalt: fenokristályként olivin (a nagyobb példányokon kezdődő szerpentinesedés) és földpát van jelen, körülbelül egyenlő arányban. Az alapanyagban piroxén (augit) mellett kevés földpát van jelen, valamint ilmenit (csoportosan, sorokba rendeződve, vagy "fenyőfaszerű" képleteket alkotva megjelenő tűk), apatit és zeolit (phillipsit). (Jugovics 1959b)

Prága-hegy (Sümegprága), felső, sötétszürke, pados-lemezes bazalt: szövete durvább, nagyobb szemcséjű, mint az alsó, oszlopos bazalté (szabad szemmel is láthatóak 2-3 mm-es, barnászöld olivinszemcsék, földpát-lécek, néhány augit-szemcse). Fenokristályként csak olivin jelenik meg (a nagyobb szemcséket a kezdődő szerpentinesedés apróbb szemcsékre tagolja). Az alapanyagban csoportokban megjelenő piroxén (augit) mellett plagioklász (An₆₀₋₇₅), magnetit, apatit, analcim, kevés kőzetüveg, ilmenit van jelen.

"A Prága-hegy kőzete rideg, nem hasad (kockakőfaragásra alkalmatlan), de elsőrendű zúzottkő, terméskő-nyersanyag." (Jugovics 1959b)

A fenokristályok Hegyesd: között főként klinopiroxén jelenik meg, kisebb mennyiségű olivinnel, a klinopiroxén-fenokristályok mérete nagyobb, mint az olivin-fenokristályoké. A (augitok) klinopiroxén-fenokristályok erősen zónásak, gyakran sötétbarna, rezorbeált maggal. Az alapanyagban kis méretű, teljesen opacitosodott szemcsék találhatók, amelyek piroxén, vagy amfibol utáni pszeudomorfózaként értékelhetők. (Oláh et al. in press.) Szöveti képe és az említett ásványfázisok megjelenése alapján kizárható a lehetséges nyersanyagforrások közül.

A Balaton déli partjának vulkanitjairól korszerű kőzet-kémiai elemzések nem álltak rendelkezésünkre, de közelségük a régészeti lelőhelyhez indokolja, hogy irodalomban közölt polarizációs mikroszkópos leírások alapján ezen lelőhelyek bazaltos kőzeteinek ásványos összetételét és szövetét is összehasonlítsuk a régészeti leletek anyagával.

A balatonboglári bazalttufában amfibol (akár 1,5 cm-es méretben is) és biotit (apró kristályok) is megjelenik (Mauritz 1948).

Balatonszemesi bazaltkavicsokból szintén amfibolt (augittal összenőve) írt le Mauritz (Mauritz 1948).

A Fonyódi Várhegy kőzetét Vitális az általa felállított csoportosításban a "magnetites ilmenites nefelines bazanitoid" csoportba sorolta, azaz ilmenitet talált a kőzetben (Vitális 1904).

Ásványos összetétel, kőzetszövet, ásványkémiai elemzések összefoglalása:

A rendelkezésre álló ásványkémiai elemzések és petrográfiai mikroszkópos leírások alapján az alábbi geológiai lelőhelyek zárhatóak ki a régészeti leletek nyersanyagának forrásai közül:

Mind az első, mind a második bazalt-változat esetében:

- nógrádi és burgenlandi lelőhelyek (a titánaugit titán-alumínium-aránya alapján),

- Pál-hegy (Pauliberg), Steinberg, Ság-hegy, Uzsa, az olivin fenokristályokban megjelenő spinellzárványok összetétele alapján,

- Haláp, Ság-hegy, Pál-hegy (Pauliberg), Prágahegy (Sümegprága): az alapanyagban megjelenő ilmenit alapján,

- Pál-hegy (Pauliberg): a fenokristályként megjelenő plagioklász, az önállóan és plagioklásszal együtt jelen lévő szanidin, a ritkán előforduló nefelin, amfibol és analcim (Mauritz 1948), valamint az olivin-fenokristályok szegélyén helyenként megjelenő biotit, flogopit (Dobosi et al 1991, Sági 2008) alapján is, - Stradner Kogel: titánaugitok Al^{VI}/Al^{IV}-aránya, valamint az alapanyagban megjelenő nefelin alapján),

- Steinberg: az alapanyagban megjelenő nefelin és alkáli-földpát (Poultidis & Scharbert 1986, Dobosi et al. 1991, Sági 2008) alapján,

- Klöch: az olivin-fenokristályoknál nagyobb méretű klinopiroxén-fenokristályok (Dobosi et al. 1991), valamint az alapanyagban megjelenő nefelin és alkáli-földpát (Poultidis & Scharbert 1986) alapján,

- Kapfenstein: hólyagüreges, vitrofiros szövete, a fenokristályként megjelenő plagioklász (Kurat et al. 1980, Dobosi et al. 1991) alapján,

 Ság-hegy: az alapanyagban megjelenő biotit és alkáli-földpátok (Mauritz & Harvood 1937, Sági 2008) alapján is,

- Kissomlyó: a mennyiségileg domináns, nagy (az olivin-fenokristályoknál is nagyobb) méretű klinopiroxén-fenokristályok, valamint az alapanyagban található opacitos, piroxén (vagy amfibol) utáni pszeudomorfózák (Oláh et al. in press) alapján,

- Füzes-tó: az olivin-kristályok magasabb Mgtartalma, hólyagüreges, vitrofiros szövete, a fenokristályként megjelenő plagioklász (Jankovics et al. 2009) alapján,

- Bondoró-hegy, az olivin-kristályok magasabb Mgtartalma alapján,

- Szentgyörgy-hegy, az olivin-kristályok alacsonyabb Mg-tartalma alapján,

- Badacsony: az alapanyagban megjelenő nefelin, analcim és biotit (Mauritz 1948) alapján,

- Prága-hegy (Sümegprága): az alsó összlet a fenokristályként megjelenő plagioklász, a felső összlet az alapanyagban megjelenő analcim, mindkét összlet az alapanyagban megjelenő ilmenit (Jugovics 1959b) alapján,

- Hegyesd: a mennyiségileg domináns, nagy (az olivin-fenokristályoknál is nagyobb) méretű klinopiroxén-fenokristályok, valamint az alapanyagban található opacitos, piroxén (vagy amfibol) utáni pszeudomorfózák (Oláh et al. in press) alapján.

Az első bazalt-változat nyersanyagának forrásai közül kizárható:

- Haláp, Uzsa, Ság-hegy, Sáromberke (Barc) (az alapanyagban is megjelenő olivin, illetve az olivinfenokristályok összetétele alapján),

- Füzes-tó (az alapanyagban is megjelenő olivin (Jankovics et al. 2009) alapján is, bár ezekről elemzés nem készült),

64



20. ábra: Geológiai térkép (Budai & Gyalog 2010), módosítva: a régészeti lelőhellyel és a vizsgált régészeti leletek nyersanyagának legvalószínűbb származási helyeivel.

Fig. 20.: Geological map (Budai & Gyalog 2010), modified: with the archaeological site and the most probable places of origin of the raw material of the examined archaeological finds.

Leucitot az alapanyagban elektronaz mikroszondával is vizsgált bazaltok közül egyedül Hegyestű bazaltjában találunk, és ennek összetétele megegyezik az első bazalt-változat alapanyagában található leucit összetételével. Az olivin fenokristályok magjának és szegélyének összetétele is a hegyestűi bazaltok elemzett olivinjeire hasonlít legjobban. Ugyanakkor Mauritz (1948) biotitot is említ hegyestűi bazaltban, de ennek meglétét a későbbi, korszerűbb műszeres vizsgálatok nem igazolták (Kóthay 2009).

Mindezek alapján tehát, az ásványkémiai elemzések alapján a régészeti leletek első bazalt-változatának nyersanyagához legközelebb álló geológiai lelőhely Hegyestű.

A teljes kémiai összetétel alapján lehetséges nyersanyagforrások közül – elégséges irodalmi ásványkémiai adat híján – nem zárható ki Selmecbánya sem. Mindazonáltal a régészeti lelőhelytől való nagy távolsága miatt Selmecbányát nem tartjuk valószínűnek, mint lehetséges nyersanyagforrást, mivel a régészeti lelőhely közelében is előfordul nagyon valószínű nyersanyagforrás..

A második bazalt-változat nyersanyagának forrásai közül kizárható:

- Hegyestű, Steinberg, Klöch, Kapfenstein, Pálhegy (Pauliberg) (nincs olivin az alapanyagban),

- Hegyestű (mind az alapanyagban megjelenő leucit alapján, mind az olivin fenokristályokban megjelenő spinell-zárványok alapján),

Az ásványkémiai elemzések alapján a régészeti leletek második bazalt-változatának nyersanyagához hasonlóan közel álló geológiai lelőhelyet nem találtunk.

A részletesen vizsgált geológiai lelőhelyek közül a leginkább hasonlóak Haláp, és Uzsa (és az olivinek alapján Sáromberke (Barc), de ez utóbbi lelőhely más ásványairól nem állnak rendelkezésre ásványkémiai elemzések, valamint a teljes-kémiai elemzés alapján már kizártuk a lehetséges nyersanyagforrások közül), de (Haláp esetében) az alapanyagban megjelenő ilmenit, illetve a teljeskémiai összetétel (az ásványkémiai elemzések a savanyúbb összetételű halápi bazaltokon készültek) alapján ezekről a lelőhelyekről sem származhat a régészeti leletek nyersanyaga.

A teljes kémiai összetétel alapján lehetséges nyersanyagforrások közül – elégséges irodalmi ásványkémiai adat híján – nem zárható ki Diszel (Hajagoshegy), illetve Sarata (Persányi-hegység) sem. Mindazonáltal a régészeti lelőhelytől való nagy távolsága miatt Sarata-t nem tartjuk valószínűnek, mint lehetséges nyersanyagforrást.

Összefoglalás

Balatonöszöd-Temetői dűlő lelőhely a badeni kultúra Magyarországon eddig feltárt legnagyobb és leghosszabb életű települése (területe meghaladta a 20 hektárt). A lelőhelyen a középső rézkori Balaton-Lasinja kultúrának és a Boleráz kultúrának is kerültek elő önálló objektumai. Az ásatás során napvilágra került 500 db kőzet anyagú leletet vizsgáltunk meg. Jelen cikk a leletanyag több, mint harmadát kitevő (204 db, azaz 41%) bazaltkőeszközök nyersanyagú vizsgálatának eredményeit mutatja be. A bazalt-nyersanyagú kőeszközök régészeti kora túlnyomó részben badeni. Bazaltból főleg kőbalták készültek, de nagy részük félkész vagy töredékes, anyaguk mállott. (A balták mellett marokkövek, őrlőkövek, ismeretlen rendeltetésű tárgyak, nyersanyagtömbök és nyéllyukas balták fúrómagjai kerültek elő.)

Makroszkópos, és főként polarizációs mikroszkópban való megjelenésük (mállottság, ásványos összetétel, szövet) alapján a régészeti leletek között két bazalt-változatot különítettünk el. Mikroszkópos tulajdonságaik (ásványos összetétel, szövet), teljes-kőzet kémiai összetételük valamint ásványaik (olivin, klinopiroxén, plagioklász, vastitán-oxidok (titanomagnetit), spinell-zárányok olivinben, leucit (az első bazalt-változatban)) kémiai összetétele alapján, felhasználva a Pannonmedence bazaltos kőzeteiről a közelmúltban megjelent teljes-kőzet kémiai és ásványkémiai adatokat tartalmazó irodalmakat, megállapítottuk, hogy a rendelkezésre álló adatok alapján az első bazalt-változat legvalószínűbb nyersanyagforrása a Hegvestű bazaltia, míg a második bazalt-változat nyersanyaga a vizsgált geológiai lelőhelyek közül legjobban Haláp és Uzsa kőzeteire hasonlít, de azokkal egyértelműen nem azonosítható (20. ábra).

Meg kell jegyeznünk, hogy elégséges ásványkémiai mérési hiányában szóbajöhető adat а nyersanyagforrások zárható közül nem ki Selmecbánya (az első bazalt-változat esetében), valamint, Diszel (Hajagoshegy), illetve Sarata (Persányi-hegység) (a második bazalt-változat esetében) (20. ábra). Mindazonáltal a régészeti lelőhelvtől való jelentős távolsága miatt Selmecbányát és Sarata-t is kizárhatjuk a lehetséges nyersanyagforrások közül.

További kutatási lehetőségek

A jelen cikkünkben összegyűjtött és a későbbiekben a részletes adatokkal nem rendelkező geológiai lelőhelyekről begyűjtendő teljes-kőzet-összetételi, ásványkémiai, ásványos összetételbeli és szöveti információk, elemzési eredmények alapján felállított (és a jövőben bővítendő) alap adatbázis

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki a Balatonöszöd-Temetői dűlő lelőhely feltárását vezető Horváth Tündének, a leletanyag rendelkezésre bocsátásáért, valamint a vizsgálatok finanszírozásában nyújtott segítségért az OTKA K 62874 számú kutatási programjának.

Irodalom

BUDAI, T. & GYALOG, L. (szerk.) (2010): Magyarország földtani atlasza országjáróknak. *Magyar Állami Földtani Intézet* 2010. (www.mafi.hu)

DOBOSI, G. (1989): Clinopyroxene zoning patterns in the young alkali basalts of Hungary and their petrogenetic significance. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **101**: 112-121

DOBOSI, G., SCHULTZ-GÜTTLER, R., KURAT, G. & Kracher, A. (1991): Pyroxene Chemistry and Evolution of Alkali Basaltic Rocks from Burgenland and Styria, Austria. *Mineralogy and Petrology* **43**: 275-292

EMBEY-ISZTIN, A., DOBOSI, G., JAMES, D., DOWNES, H., POULTIDIS, Ch. & SCHARBERT, H.G. (1993): A compilation of new major, trace and isotope geochemical analyses of the young alkali basalts from the Pannonian Basin. *Fragmenta Mineralogica et Palaeontologica* **16**: 5-26.

EMBEY-ISZTIN, A. & DOBOSI, G. (2007): Composition of olivines in the young alkali basalts and their peridotite xenoliths from the Pannonian Basin. *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici* **99**: 5-22.

FÜRI, J., SZAKMÁNY, Gy., KASZTOVSZKY, Zs. & T. BIRÓ, K. (2004): The origin of the raw material of basalt polished stone tools in Hungary. *Slovak Geological Magazine* **10**: 97-104.

HARANGI, Sz., VASELLI, O., TONARINI, S., SZABÓ, Cs., HARANGI, R. & CORADOSSI, N. (1995): Petrogenesis of Neogene extension-related alkaline volcanic rocks of the Little Hungarian Plain Volcanic Field (Western Hungary). *Acta Vulcanologica* 7: 173-187.

HORVÁTH, T., S. SVINGOR, É. & MOLNÁR, M. (2006): Újabb adatok a baden-péceli kultúra keltezéséhez. *Archeomatriai Műhely* (http://www.ace.hu/am) 2006 (3): 19-30.

HORVÁTH, T. (2010): Megfigyelések a középső és késő rézkori kultúrák fazekasáruin Balatonöszöd

Temetői dűlő lelőhelyen. Készítéstechnikai vizsgálatok. Archeometriai Műhely (<u>http://www.ace.hu/am</u>) 2010 (1): 51-82.

JÁMBOR Á., PARTÉNYI Z. & SOLTI G. (1981): A dunántúli bazalt vulkanitok földtani jellegei. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az* 1979. évről, 225-239.

JANKOVICS, É., HARANGI, Sz. & NTAFLOS, T. (2009): A mineral-scale investigation of the origin of the 2.6 Ma Füzes-tó basalt, Bakony-Balaton Highland Volcanic Field (Pannonian Basin, Hungary). *Central European Geology* **52**: 97-124.

JANKOVICS, É., HARANGI, Sz. & NTAFLOS, T. (2010): A mineral-scale investigation on the origin of the 2.6 Ma Füzes-tó basalt, Bakony-Balaton Highland Volcanic Field (Pannonian Basin, Hungary). In: IMA 2010. 20th General Meeting of the International Mineralogical Association. 21-27 August, 2010 Budapest, Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series* **6**: 543.

JUGOVICS, L. (1959a): A haláphegyi bazalt kőzettani vizsgálata. A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1955-56 évről, 123-135.

JUGOVICS, L. (1959b): Újabb vulkanológiai és kőzettani megfigyelések a Tátika-csoport bazalthegyein. A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1955-56 évről, 153-178.

KÓNYA, P. (2009): A Bakony – Balaton-felvidék Vulkáni Terület bazaltjaiban található üregkitöltő ásványok és üledékes eredetű kőzetzárványok ásványtani és genetikai vizsgálata (közöletlen PhDdolgozat, ME MFK Ásványtani - Földtani Intézet, Ásvány- és Kőzettani Intézeti Tsz.)

KÓTHAY, K. (2009): Alkáli bazaltos magma fejlődéstörténete szilikátolvadék-zárványok vizsgálata alapján, a Balaton-felvidéki Hegyestű és Haláp példáján (közöletlen PhD dolgozat, ELTE TTK FFI Kőzettani és Geokémiai Tsz.)

KOVÁCS, I., BALI, E., KÓTHAY, K., SZABÓ, Cs. & NÉDLI, Zs. (2003): Bazaltos kőzetekben előforduló kvarc és földpát xenokristályok petrogenetikai jelentősége. *Földtani Közlöny* **133**: 397-420.

KUBOVICS, I (1993): Kőzetmikroszkópia II. *Tankönyvkiadó, Budapest* pp. 596.

KURAT, G., PALME, H., SPETTEL, B., BADDENHAUSEN, H., HOFMEISTER, H., PALME, C. & WÄNKE, H. (1980): Geochemistry of ultramafic xenoliths from Kapfenstein, Austria: evidence for a variety of upper mantle processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 44: 45-60.

MAURITZ, B. (1931): Die Zeolithmineralien der Basalte des Plattenseegebietes in Ungarn. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Beil.*, **64**, **A**: 477-494. MAURITZ, B. (1937): A halápi és gulácsi bazalt hólyagüregeiben keletkezett ásványok. *Matematikai és Természettudományi Értesítő* **55**: 923-937.

MAURITZ, B. & HARWOOD, H., F. (1937): A celldömöllki Sághegy bazaltos kőzete. *Matematikai* és Természettudományi Értesítő **55**: 938-959.

MAURITZ, B. (1948): A dunántúli bazaltok kőzetkémiai viszonyai. *Földtani Közlöny* **78**: 134-169.

MAURITZ, B. (1958): Újabb ásványkőzettani érdekességek hazánkban. *Földtani Közlöny* **88**: 447-452.

OLÁH, I. – BENDŐ, Zs. – SZAKMÁNY, Gy. – SZILÁGYI, V. & PÉTERDI, B. (in press): Results of the archaeometric analyses of stone implement preforms from Veszprém-Kádárta (W-Hungary). *Acta Archaeologica Academiae Scientarium Hungaricae*

PEARCE, J.A. & PARKINSON, I.J. (1993): Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. In: PRICHARD, H.M., ALABASTER, T., HARRIS, N.B.W. & NEARY, C.R. (eds.): Magmatic Processes and Plate Tectonics. *Geological Society, London, Special Publications* **76**: 373-403.

POULTIDIS, H. & SCHARBERT, H.G. (1986): geochemisch-petrologische Bericht über Untersuchungen an basaltischen Gesteinen des österreichischen Teils der transdanubischen vulkanischen Region. Anzeiger der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. mathematische-naturwissenschaftliche Klasse 123: 65-76.

SÁGI, T. (2008): Petrogenetikai következtetések a Pannon-medence nyugati részén előforduló alkáli bazaltok képződésére olivin és spinell összetétel adatok alapján (közöletlen diploma dolgozat, ELTE TTK FFI Kőzettani és Geokémiai Tsz.)

SÁGI, T., HARANGI, Sz. & NTAFLOS T. (2008): Petrogenesis of the Late Miocene-Pliocene alkali mafic rocks of the Pannonian Basin – inferences from the olivine compositions. *Geophysical Research Abstracts* **10**

SÁGI, T., HARANGI, Sz. & NTAFLOS T. (2010): The Pleistocene alkali basaltic volcanism at the Perşani Mountains, SE Carpathians, Romania – inferences from olivine phenocrysts and their spinel inclusions. In: IMA 2010. 20th General Meeting of the International Mineralogical Association. 21-27 August, 2010 Budapest, Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series* **6**: 543.

SUN, S.-S. & McDONOUGH, W.F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: SAUNDERS, A.D. & NORRY, M.J. (eds.): Magmatism in the Ocean Basins. *Geological Society, London, Special Publications* **42**: 313-345.

SZAKMÁNY, Gy. – KASZTOVSZKY, Zs. – SZILÁGYI, V. – STARNINI, E. – FRIEDEL, O. & - T. Biró, K. (2010): Discrimination of prehistoric polished stone tools from Hungary by nondestructive chemical analyses. In: IMA 2010. 20th General Meeting of the International Mineralogical Association. 21-27 August, 2010 Budapest, Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series* **6**: 110.

VITÁLIS, I. (1904): Adatok a Balaton-fölvidék bazaltos kőzeteinek ismeretéhez. *Földtani Közlöny* **34**: 377-399.